

S.S.195 "SULCITANA"

COMPLETAMENTO ITINERARIO CAGLIARI - PULA LOTTO 2
COLLEGAMENTO CON LA S.S 130 E AEROPORTO CAGLIARI ELMAS
DAL Km 21+488,70 AL Km 23+900,00
RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA12

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. M. RASIMELLI
 Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES Ing. M. TANZINI
 Ing. P. LOSPENNATO Ing. A. LUCIA
 Ing. S. PELLEGRINI
 Ing. A. POLLI
 Ing. C. CASTELLANO
 Ing. G.N. GUERRINI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. M. COGHE

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



Str. del Colle, 1/a - Fratz. Fontana
 06132 Perugia - Italia



UNI ISO 9001:2008



UNI EN ISO 14001:2004

MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
 SWISS
 Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
 ITALIA
 Via Covour 2 - 220/4 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

GEOLOGIA

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

CODICE PROGETTO

NOME FILE
 T00GE00GEORE01A

REVISIONE

PAG.

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

D P C A 1 2

D

2 0 0 1

CODICE ELAB.

T 0 0

G E 0 0

G E O

R E 0 1

A

1 di 68

D					
C					
B					
A	PRIMA EMISSIONE	GIUGNO 2020	F. GHIRLANDA	S. PIAZZOLI	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 2 di 68</p>
---	---

INDICE

1	PREMESSA	4
2	ALLEGATI	5
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3.1	NORMATIVA SUI VINCOLI	6
4	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	7
5	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	8
6	CAMPAGNA DI INDAGINE	11
6.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
6.1.1.	Sondaggi geognostici	12
6.1.2.	Pozzetti esplorativi	13
6.1.3.	Indagini geofisiche	13
7	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	15
7.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA	16
7.2	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	18
7.3	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	20
7.3.1.	Tettonica paleozoica	20
7.3.2.	Tettonica mezo-cenozoica	21
8	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE	23
8.1	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	23
8.1.1.	Basamento metamorfico paleozoico	23
8.1.2.	Complesso intrusivo e filoniano tardo-paleozoico	24
8.1.3.	Successioni sedimentarie paleogeniche	24
8.1.4.	Complesso vulcanico di Sarroch	25
8.1.5.	Depositi continentali quaternari	26
9	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE	30
10	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	32
10.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	32
10.1.1.	Complessi delle unità del substrato	33

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 3 di 68</p>
---	---

10.1.2. Complessi dei depositi di copertura	34
10.2 PROVE DI PERMEABILITÀ	35
10.3 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO	37
11 SISMICITÀ DELL'AREA	39
11.1 SISMICITÀ STORICA	41
11.2 SISMICITÀ ATTUALE	43
11.3 PERICOLOSITÀ SISMICA	45
11.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	46
12 CRITICITÀ GEOLOGICHE	49
12.1.1. Criticità geologico-tecniche	49
12.2 CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE	52
12.2.1. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Sardegna	52
12.3 CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE	53
13 DESCRIZIONE DEI SETTORI D'INTERVENTO	56
13.1 STRALCIO 2C	56
13.1.1. Opere all'aperto km 21+488 – km 22+325	56
13.1.2. Opere all'aperto km 22+325 – km 22+600	58
13.1.3. Opere all'aperto km 22+600 – km 23+350	60
13.1.4. Opere all'aperto km 23+350 – km 23+675	61
13.1.5. Opere all'aperto km 23+675 – km 23+900	62
14 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	64

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 4 di 68</p>
---	---

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione del progetto definitivo "S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2", sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso. In particolare il presente studio è relativo allo Stralcio 2C che si sviluppa tra le km 21+488 e km 23+900 della S.S. 195 "Sulcitana" (cfr. 4 - DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO), il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, in conformità con gli standard metodologici di maggior rilievo a livello nazionale, come quelli dell'ISPRA;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

Il modello geologico applicativo proposto, in riferimento ad un volume geologico significativo (*sensu* NTC 2008) in cui sia possibile cogliere interrelazioni dinamiche tra la componente geologica *s.l.* e quella antropica, pone particolare attenzione alla caratterizzazione litotecnica dei terreni investigati attraverso una puntuale ricostruzione dell'assetto e delle caratteristiche litotecniche nei settori di territorio interessati dalle opere in progetto.

Gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli *standard* metodologici più diffusi in ambito scientifico.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 5 di 68</p>
--	---

2 ALLEGATI

A corredo della presente relazione sono stati elaborati i seguenti documenti:

Cod. Elaborato - Nome file	Titolo	Scala
T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 2 A	Documentazione indagini geognostiche preesistenti	Relazione
T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 3 A	Documentazione prove di laboratorio preesistenti	Relazione
T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 4 A	Documentazione indagini geognostiche	Relazione
T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 5 A	Documentazione prove di laboratorio	Relazione
T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 6 A	Documentazione indagini geofisiche	Relazione
T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 7 A	Documentazione indagini di caratterizzazione ambientale	Relazione
T 0 0 G E 0 0 G E O C G 0 1 A	Carta geologica generale - stralcio 2C	1:5000
T 0 0 G E 0 0 G E O C G 0 2 A	Carta geologica di dettaglio e profilo geologico - stralcio 2C - Tav.1 di 2 - da km 21+400 a km 22+600	1:2000/1:200
T 0 0 G E 0 0 G E O C G 0 3 A	Carta geologica di dettaglio e profilo geologico - stralcio 2C - Tav.2 di 2 - da km 22+600 a km 24+000	1:2000/1:200
T 0 0 G E 0 0 G E O C G 0 4 A	Carta geomorfologica - stralcio 2C - tav 1 di 1 da km 21+400 a km 24+000	1:2.000
T 0 0 G E 0 0 G E O C I 0 1 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico stralcio 2C - Tav.1 di 2 - da km 21+400 a km 22+600	1:2000/1:200
T 0 0 G E 0 0 G E O C I 0 2 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico - stralcio 2C - Tav.2 di 2 - da km 22+600 a km 24+000	1:2000/1:200
T 0 0 G E 0 0 G E O S G 0 1 A	Sezioni geologiche - stralcio 2C - tav 1 di 1	1:200
T 0 0 G E 0 0 G E O P U 0 1 A	Planimetria ubicazione indagini geognostiche - tav 1 di 1 da km 21+400 a km 24+000	1:5000

Tabella 1 - Documenti in allegato alle presenti note.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File: T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 6 di 68</p>
---	--

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito si riporta una sintesi della normativa nazionale e regionale di riferimento per il presente studio:

- D.M. LL.PP. del 16/01/1996 "Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche";
- UNI EN del 1997 "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica";
- UNI EN del 1998 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica";
- D.P.R. 380 del 06/06/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- D.M. Infrastrutture del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

3.1 Normativa sui vincoli

Nel seguito vengono elencati i riferimenti normativi relativi a tutti i vincoli territoriali consultati per il presente lavoro:

- R.D.L. 3267 del 30/12/1923 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di territori montani";
- R.D. 1126 del 16/05/1926 "Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani";
- L. 267 del 03/08/1998 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania"
- D.Lgs. 152 del 03/04/2006 "Norme in materia ambientale".

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 7 di 68</p>
---	---

4 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

L'intervento in essere costituisce il 2° dei tre lotti del progetto di «Realizzazione del nuovo itinerario della S.S. 195 tra Cagliari e Pula».

Il Lotto N. 2, di lunghezza 5,55 km circa tra il km 18+350 e il km 23+900 della S.S. 195 (Figura 1 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) ed interposto tra i due in costruzione, si esplicherà nell'adeguamento dell'attuale strada a 4 corsie, al tempo realizzata dal Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari (CACIP) quale dorsale consortile industriale e di proprietà dello stesso Ente, ad una sezione trasversale per la piattaforma stradale corrispondente alle strade tipo "B" del D.M. 5/11/2001, con velocità di progetto comprese tra i 70 km/h e i 120 km/h, avente due corsie per senso marcia (ciascuna larga 3.75 m) e piattaforma pavimentata di larghezza pari a 22.00 m.

La più recente proposta progettuale prevede:

- allargamento di 1.70 m di pavimentato per ciascuna carreggiata e la realizzazione di adeguate piazzole di sosta;
- rifacimento del cavalcavia di svincolo posto sulla viabilità secondaria nella zona dello svincolo Saras, con la ricucitura e l'adeguamento della viabilità esistente interferita;
- adeguamento delle opere minori (sottovia e tombini idraulici);
- realizzazione di nuovi attraversamenti idraulici;
- bonifica superficiale di alcune tratte di rilevato esistente;

Il Lotto N. 2 è a sua volta suddiviso nei seguenti 3 stralci funzionali:

- 2A ⇒ dal km 18+350 al km 19+800 L = 1.450 m
- 2B ⇒ dal km 19+800 al km 21+488 L = 1.688 m
- 2C ⇒ dal km 21+488 al km 23+900 L = 2.412 m

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 8 di 68****5 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

L'area di studio si colloca nella porzione più meridionale della Sardegna, lungo la s.s. 195 "Sulcitana", tra i km 21+488 e km 23+900. In particolare si tratta dello "stralcio 2C" tra lo "stralcio 2B" dal viadotto Bacchelinna in direzione Cagliari, a nord, fino al "Lotto 3" in direzione Pula, a sud. La tratta di studio interessa il territorio del comune di Sarroch (città metropolitana di Cagliari), in prossimità della chiusura, verso ovest, del Golfo di Cagliari. Lungo uno dei principali itinerari di collegamento della zona denominata Sulcis Iglesiente, collegando l'area metropolitana a ovest di Cagliari e gli agglomerati industriali della zona di Sarroch, inserendosi inoltre nell'importante contesto ad elevato carattere turistico di Pula, Chia e Santa Margherita.

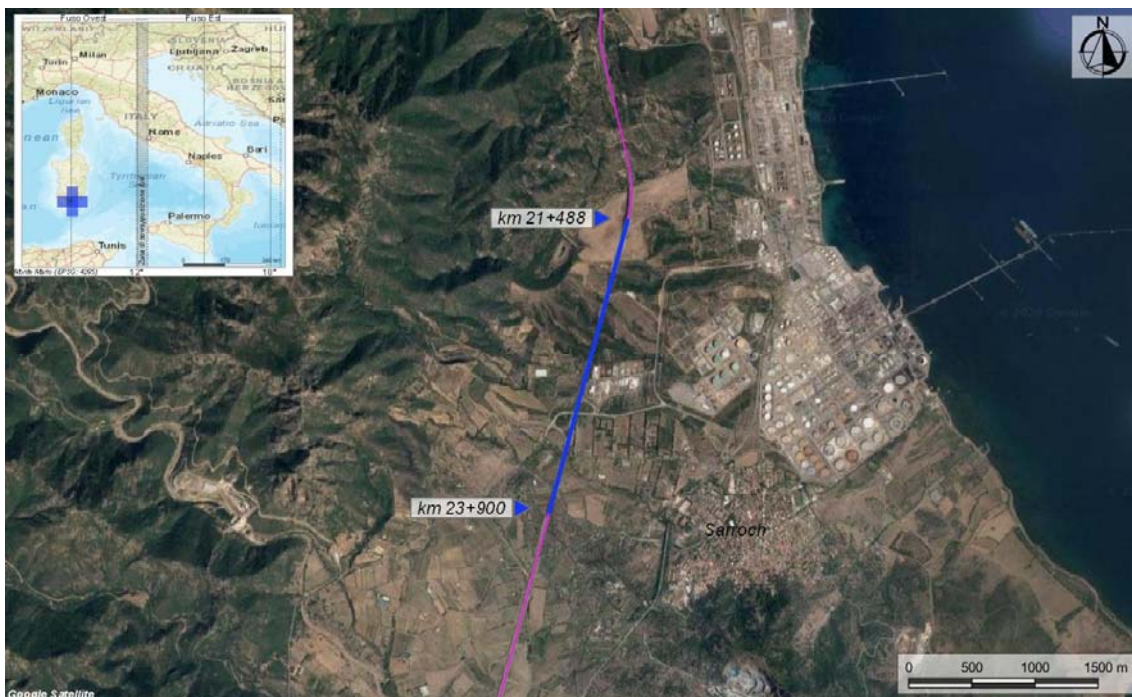


Figura 1 – Corografia in scala 1:50000 dell'area di studio geologico con individuazione della s.s. 195 (in magenta) e della stratta di studio (in blu).

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area di studio è individuabile all'interno del Foglio 234 (Cagliari) in scala 1:100000, nelle Tavole 234-III-SO (Pula) e 234-III-NO (Villa d'Orri), in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Sardegna, nelle sezioni 565120 e 566090, in scala 1:10000.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 9 di 68</p>
---	---

L'area di studio appartiene alla fascia collinare e pedemontana che contorna il bordo sudorientale dell'entroterra montano del Sulcis e che poi prosegue, verso la linea di costa, con le colline vulcanico-andesitiche di Sarroch-Pula-Santa Margherita.

Dal punto di vista orografico il tracciato in esame impegna settori di territorio posti a quote comprese tra 45 m s.l.m. e 86 m s.l.m. circa. Dal punto di vista morfologico, invece, l'area di studio è caratterizzata dalla presenza di una estesa superficie sub-pianeggiante blandamente immergente verso il Golfo di Cagliari ad est, costituita da una serie di terrazzi morfologici elevati di pochi metri rispetto al fondovalle attuale. Tale settore è delimitato ad ovest e nord-ovest dall'Iglesiente, a est dal Golfo di Cagliari e a sud dal Riu Mannu.

Il principale corso d'acqua dell'area di studio è costituito dal Riu Mannu, immissario del Riu di Pula che sfocia nel Golfo di Cagliari, posto più a sud del tracciato in esame. Gli elementi idrografici che interessano direttamente la tratta in esame sono rappresentati, da nord a sud, dal Canale Giaccu e da Riu s'Acqua de Ferru. Ad essi si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere stagionale e/o torrentizio, e numerosi solchi da ruscellamento concentrato attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la
S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:

T00GE00GEORE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 10 di 68



Foto 1 – Vista panoramica del tratto di strada oggetto di intervento, all'altezza del km 21+600.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File: T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 11 di 68</p>
---	---

6 CAMPAGNA DI INDAGINE

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero set di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel corso delle campagne indagini sino ad oggi espletate (Progetto esecutivo 2019 e Progetto definitivo 2007), lungo la tratta in esame compresa tra il km 21+488 e km 23+900, sono state realizzate indagini dirette e indirette. Complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 16 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 9 non attrezzati, 2 strumentati con piezometro e 5 attrezzati per sismica in foro;
- n. 6 pozzetti esplorativi;
- n. 1 stendimento sismico MASW.

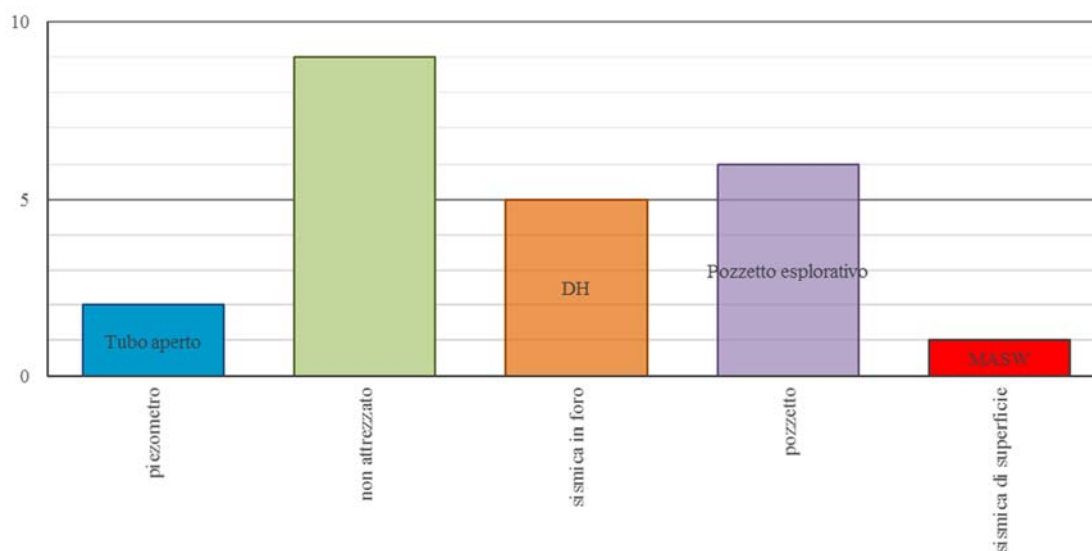


Figura 2 – Grafico mostrante la distribuzione e il numero delle indagini geognostiche a disposizione.

Il numero totale dei campioni prelevati è di 113, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 89.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</p>	<p>File: T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 13 di 68</p>
--	---

sigla	pk	Monte Mario/Italy1		quota m s.l.m.	strumentazione	prof m	campioni				prove in foro			
		X	Y				I	R	L	SPT	SPT	P	D	Ps
C5	23+068	1499483	4325046	73.8	Non attrezzato	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale							0	12	14	0	27	0	0	0

Tabella 2 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini del progetto definitivo 2007, elencati in ordine di progressiva pk. I: Indisturbati, R: Rimaneggiati, L: Litoidi, SPT: SPT.

6.1.2. Pozzetti esplorativi

Di seguito vengono elencati tutti i pozzetti esplorativi eseguiti nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, pk, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 1/fuso Ovest (EPSG 3003), quota, profondità, numero dei campioni prelevati).

sigla	pk	Monte Mario/Italy1		quota m s.l.m.	profondità m	campioni
		X	Y			
PZ5	21+969	1499807	4326096	80.1	3.0	1
PZ6	22+421	1499706	4325656	79.5	3.0	1
PZ8	23+706	1499305	4324432	74.9	3.0	1
Totale						3

Tabella 3 - Sintesi dei pozzetti esplorativi realizzati nell'ambito della campagna indagini del progetto esecutivo 2019, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

sigla	pk	Monte Mario/Italy1		quota m s.l.m.	profondità m	campioni
		X	Y			
P1	22+362	1499669	4325726	81.1	6.0	2
P2	22+473	1499641	4325619	79.8	6.3	4
P3	22+537	1499624	4325557	79.2	4.0	1
Totale						7

Tabella 4 - Sintesi dei pozzetti esplorativi realizzati nell'ambito della campagna indagini del progetto definitivo 2007, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

6.1.3. Indagini geofisiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, pk e coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 1/fuso Ovest (EPSG 3003) del punto iniziale (a) e del punto finale (b) di ogni singolo stendimento, tipologia di indagine e lunghezza).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 14 di 68</p>
---	--

sigla	punto iniziale (a)			punto finale (b)			tipologia indagine	lunghezza m
	pk	X	Y	pk	X	Y		
MASW1	23+502	1499366	4324628	23+548	1499354	4324583	MASW	46.0

Tabella 5 - Sintesi delle indagini geofisiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini del progetto esecutivo 2019, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 15 di 68****7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE**

La Sardegna rappresenta un blocco essenzialmente stabile della crosta continentale europea (Ricci & Sabatini 1978; Barca et al. 2016). Il basamento dell'isola è pertanto considerato come un segmento della Catena Ercinica Sud-Europea, formatosi a partire dal Paleozoico (Cocco 2013; Barca et al. 2016). Infatti, prima della rotazione del Blocco Sardo-Corso nel Miocene inferiore, tale basamento risultava in continuità strutturale con i relativi basamenti del Massiccio Centrale Francese, dei Mauri e della Montagna Nera (Arthaud & Matte 1966; Ricci & Sabatini 1978; Cherchi & Montadert 1982; Cherchi & Trémolières 1984).

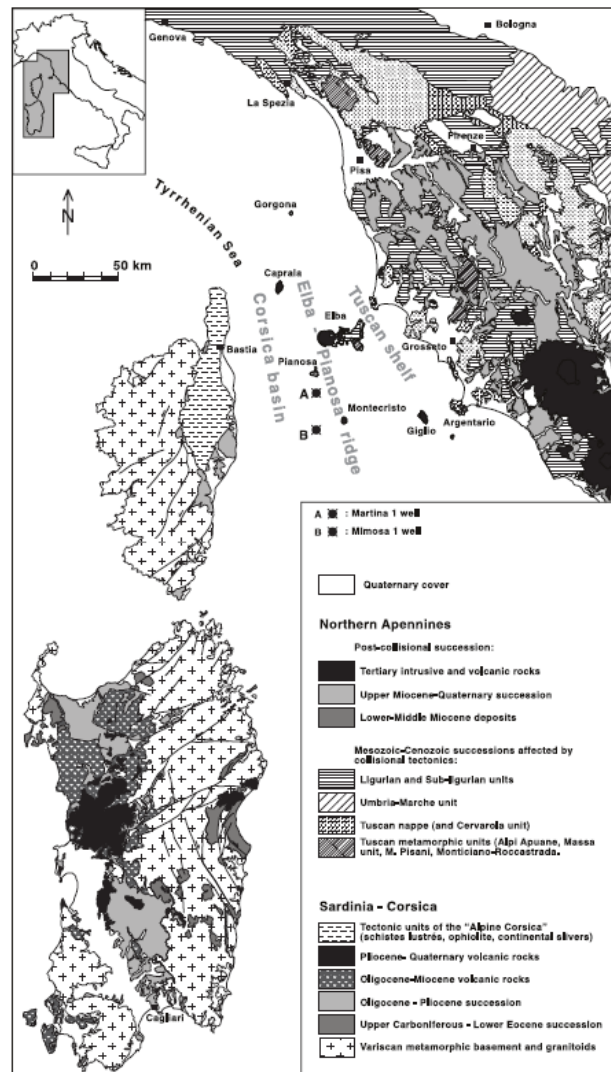


Figura 3 – Schema stratigrafico-strutturale dell'Appennino settentrionale, del Blocco Sardo-Corso e del Bacino Tirrenico settentrionale (da Carmignani et al. 2004).

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 16 di 68****7.1 Evoluzione geologica**

La Catena Ercinica Sud-Europea è caratterizzata da raccorciamenti e da una zonazione tettono-metamorfica tipica di orogenesi da collisione continentale (Carmignani et al. 1978; Arthaud & Sauniac 1981). In generale, si ritiene che tale elemento rappresenti una catena collisionale associata a subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione durante il Siluriano, a cui segue una collisione continentale con ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo tra il Devoniano e il Carbonifero (Matte 1986; Carmignani et al. 1992a).

Il Batolite Ercinico Sardo è caratterizzato da una struttura particolarmente complessa, ad affinità prevalentemente calcoalcalina, di età compresa tra i 310 ed i 274 Ma (Di Simplicio et al. 1975; Brotzu et al. 1982; Carmignani et al. 1982; Beccaluva et al. 1985; Cocherie 1985; Del Moro et al. 1991; Castorina & Petrini 1992; Brotzu et al. 1994). Esso è formato da diversi corpi intrusivi ben distinguibili, con una gamma composizionale che si estende dai gabbri ai leucograniti, con una netta prevalenza di *facies* francamente granitiche (Ghezzi et al. 1972; Di Simplicio et al. 1974; Orsini 1976; Barca et al. 2016).

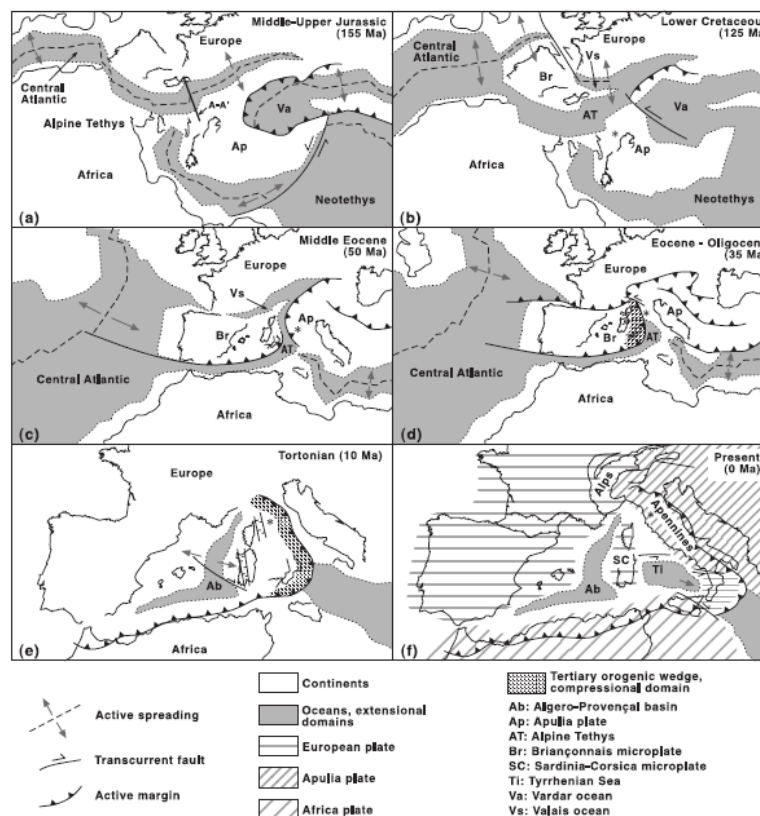


Figura 4 – Evoluzione geologica del Mediterraneo occidentale e del Blocco Sardo-Corso (da Carmignani et al. 2004).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 17 di 68</p>
---	--

La sequenza di messa in posto inizia con intrusioni tonalitiche a cui seguono granodioriti e monzograniti e termina, quindi, con intrusioni leucogranitiche (Bralia et al. 1981). In rapporto al regime tettonico dell'area, la messa in posto dei plutoni si colloca all'interno della dinamica collisionale della catena e, quindi, è possibile suddividere i granitoidi in tre grandi famiglie: plutoni sin-tettonici, tardo-tettonici e post-tettonici (Ghezzi & Orsini 1982).

Durante il Mesozoico la Sardegna costituisce una parte del Margine Passivo Sud-Europeo e mostra i caratteri di un cratone stabile soggetto a periodiche trasgressioni e regressioni (Barca et al. 2016). L'isola non è stata pienamente coinvolta negli eventi collisionali che hanno interessato le zone limitrofe durante l'orogenesi alpina, in quanto si è sempre trovata ai margini di due cinture orogeniche, quali i Pirenei nell'Eocene medio – Oligocene inferiore e l'Appennino settentrionale dell'Oligocene superiore – Miocene inferiore (Cherchi & Schroeder 1976; Barca & Costamagna 1997; Barca et al. 2016).

Secondo alcuni Autori la Sardegna è stata interessata dalla tettonica collisionale dell'Appennino settentrionale, che ha portato allo sviluppo di un sistema di faglie trascorrenti a carattere sia transpressivo che transtensivo (Carmignani et al. 1992b; Oggiano et al. 1995; Pasci 1995). Tali elementi hanno portato alla creazione di bacini subsidenti a sedimentazione prevalentemente vulcano-clastica e sono localmente accompagnati da sovrascorrimenti del basamento paleozoico sulle coperture post-erciniche (Barca et al. 2016).

Altri Autori ritengono, invece, che le strutture e i depositi dell'Eocene medio – Oligocene inferiore della Sardegna meridionale siano da mettere in relazione con l'evoluzione della Catena Pirenaica (Cherchi & Schroeder 1976; Barca & Costamagna 1997, 2000), mentre il *Rift Sardo* sia da correlare col regime tettonico distensivo dell'Oligocene superiore – Miocene inferiore (Cherchi & Montadert 1982). Quest'ultima struttura si inquadra nel sistema di *rift* europeo contemporaneo all'apertura del Mediterraneo occidentale (Casula et al. 2001) e ha dato origine alla grande Fossa Sarda tra il Golfo di Cagliari e il Golfo dell'Asinara (Vardabasso 1962). In connessione con questi eventi ha luogo un'imponente attività vulcanica ad affinità calcalkalina con prodotti effusivi ed esplosivi a composizione da basaltica a riolitica, nota come "Ciclo Vulcanico Oligo-Miocenico" (Beccaluva et al. 1987; Lecca et al. 1997; Carmignani et al. 2001).

Alla fine del Burdigaliano si conclude la rotazione del Blocco Sardo-Corso e la contemporanea apertura del Bacino Balearico (Cherchi & Montadert 1982; Barca et al. 2016). Per alcuni Autori questo evento è associato a una fase tettonica compressiva a causa della collisione contro la Placca Apula (Cherchi & Montadert 1982), mentre per altri è connesso a una fase distensiva per via del collasso gravitativo del cuneo orogenico Corsica-Appennino dell'Oligocene superiore – Aquitaniano (Carmignani et al. 2001). Un nuovo episodio di *rifting* si verifica quindi tra il

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 18 di 68**

Miocene superiore e il Pliocene, con l'apertura del Tirreno meridionale che segue alla migrazione dell'Arco Calabro (Barca et al. 2016).

7.2 Caratteristiche stratigrafiche

Il territorio della Sardegna è costituito da differenti complessi geologici, strettamente connessi con l'evoluzione stratigrafico-strutturale del Blocco Sardo-Corso (Cocco 2013; Barca et al. 2016). Tali complessi sono costituiti da rocce metamorfiche, ignee e sedimentarie, con potenza ed estensione estremamente variabile. I termini ignei, sia effusi che intrusivi, si rinvencono diffusamente in gran parte dell'isola, mentre i termini metamorfici affiorano essenzialmente nei settori meridionali e settentrionali della stessa. Le rocce sedimentarie sono generalmente meno frequenti delle precedenti e si rinvencono prevalentemente nei settori centrali del territorio sardo e in corrispondenza del *graben* del Campidano.

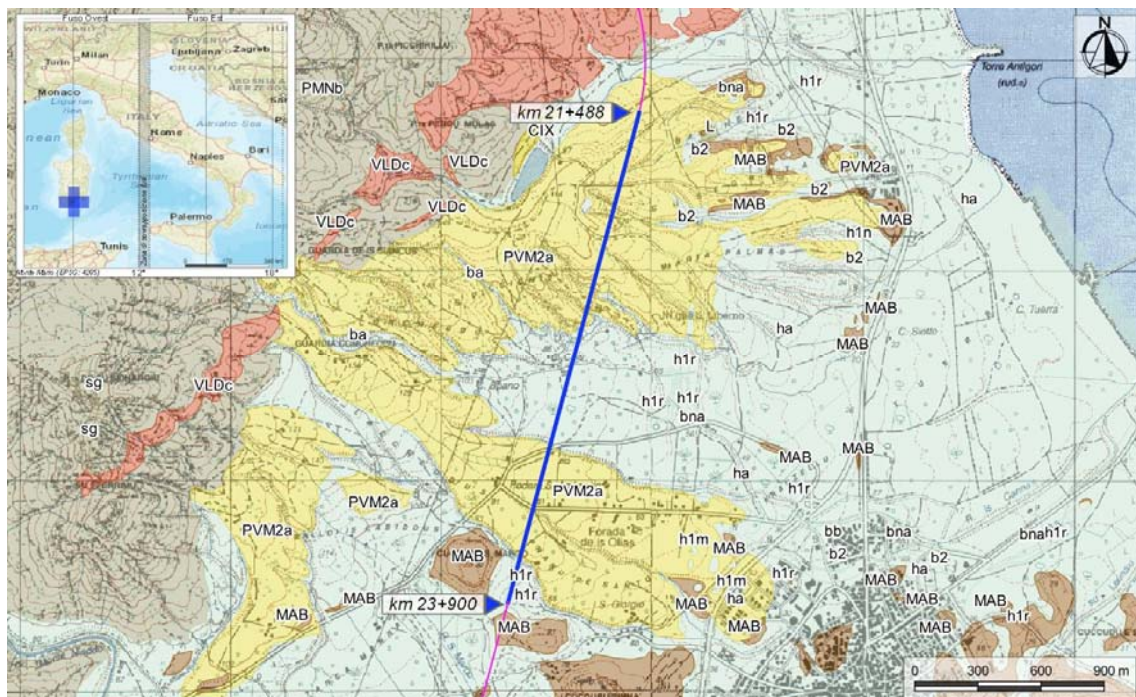


Figura 5 - Stralcio della Carta Geologica della Sardegna 1:25000, con individuazione della tratta in esame (blu). Legenda: PMN Formazione di Pala Manna, VLDC Unità intrusiva di Villacidro, CIX Formazione del Cixerri, MAB Andesiti di Monte Arrubiu, PVM2a Subsistema di Portoscuso, bna Depositi alluvionali terrazzati, ba Depositi alluvionali recenti e attuali, b2 Coltri eluvio-colluviali, h Depositi antropici.

Con diretto riferimento a quanto riportato nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 nei fogli 566 "Pula" (ISPRA 2017) e 565 "Capoterra" (ISPRA 2009) e in conformità con la Carta Geologica della Regione Sardegna in scala 1:25000 (Regione Sardegna 2016), le successioni stratigrafiche presenti nell'area di interesse possono essere distinte, dal basso verso l'alto, in:

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 19 di 68</p>
---	--

- **Formazione di Pala Manna** (Carbonifero inferiore): metarenarie, quarziti, rare metavulcaniti basiche cloritizzate e metavulcanoclastiti, metarenarie a matrice vulcanoclastica, metasiltiti e metasiltili con tracce di bioturbazioni e rari resti di macroflore fossili (PMN). Metaconglomerati poligenici con metavulcaniti basiche cloritizzate (PMNa); quarziti listate in bancate (PMNb); metaepiclastiti e scarse metavulcaniti acide in livelli decimetrici (PMNc); brecce a "liditi" (PMNd); metaconglomerati a clasti di quarziti e metarenarie (PMNe); metavulcaniti basiche (mv); metavulcaniti acide (U-Pb: 387 ± 2 Ma) (pg); olivostoliti di metapeliti nere grafitose e "liditi" (sg) talora con graptoliti del Siluriano e, più raramente, di metacalcari (dv) trasformati in skarn;
- **Unità intrusiva di Villacidro:**
 - *Facies Punta sa Cresia* (Carbonifero superiore – Permiano): microsienograniti a biotite (VLDe), talora con muscovite, generalmente rosati, a struttura prevalentemente equigranulare, in ammassi e filoni;
 - *Facies Monte Lattias* (Carbonifero superiore – Permiano): leucosienograniti a biotite a grana grossa (VLDC), bianco-rosati, da equigranulari a moderatamente inequigranulari, tessitura isotropa. Litofacies di bordo a tessitura marcatamente porfirica con massa di fondo microgranulare. Frequenti differenziati aplo-pegmatitici;
 - *Facies Punta de Peis de Pruna* (Carbonifero superiore – Permiano): leucomonzograniti a biotite a grana media o medio-fine (VLDb), rosati, da equigranulari a moderatamente inequigranulari, tessitura isotropa. Litofacies di bordo da porfiriche a microgranulari con frequentissimi apli-pegmatitiche metriche;
 - *Facies Punta Mandaresus* (Carbonifero superiore – Permiano): micromonzograniti a biotite e anfibolo a grana da media a minuta (VLDa), grigio-rosati, inequigranulari, struttura porfirica, tessitura isotropa talora orientata per flusso magmatico. Presenza di inclusi microgranulari magmatici e subordinati xenoliti metamorfici;
- **Formazione del Cixerri** (Eocene medio – Oligocene?): arenarie quarzose e quarzoso-feldspatiche (CIX), marne, argille limose spesso rossastre e conglomerati poligenici di ambiente alluvionale; rari calcari lacustri (CIX). Brecce a clasti di quarzo e liditi ben cementate con rari noduli ferruginosi (CIXa)
- **Andesiti di Monte Arrubiu** Oligocene superiore (Chattiano):
 - *Filone dacitico* di Cuccuru Pinna (MABb);
 - *Lave andesitiche* autobrecciate da grigie a violacee, struttura porfirica per fenocristalli di plagioclasio, anfibolo e pirosseno in massa di fondo microcristallina. Intercalazioni di livelli epiclastici, di conglomerati vulcanici caotici e, localmente, di brecce di esplosione (MABa). Locali fenomeni di alterazione idrotermale di tipo "propilitico";
- **Sintema di Portovesme**
 - *Subsintema di Portoscuso* (Pleistocene superiore): ghiaie alluvionali terrazzate

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 20 di 68</p>
---	--

- (PVM2a), poligeniche, subordinate sabbie e ghiaie a stratificazione incrociata planare, detriti di versante e brecce a clasti mediamente grossolani a spigoli angolosi;
- *Travertini* (Olocene): depositi carbonatici (f1) con resti vegetali e scarsi resti di organismi limivori.
 - **Depositi alluvionali terrazzati** (Olocene): ghiaie poligeniche prevalenti con limitate lenti e livelli di sabbie e ghiaie fini a stratificazione incrociata (bna);
 - **Coltri eluvio-colluviali** (Olocene): Detriti immersi in matrice fine argilloso-arenacea (b2), talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti;
 - **Depositi alluvionali** (Olocene): ghiaie poligeniche (ba) prevalenti da grossolane a molto grossolane e subordinate intercalazioni di lenti di sabbie.

7.3 Caratteristiche strutturali

L'assetto strutturale della Sardegna è fortemente influenzato sia dagli eventi deformativi connessi all'orogenesi ercinica che dall'evoluzione tettonica mesozoica e cenozoica (Carmignani et al. 2001; Funedda et al. 2012). I primi hanno determinato l'ossatura del basamento metamorfico paleozoico durante il Carbonifero superiore - Permiano, mentre i secondi hanno portato all'attuale strutturazione tettonica dell'intero Blocco Sardo-Corso (Cherchi & Montadert 1982; Carmignani et al. 2001; Funedda et al. 2012; Barca et al. 2016). Per quanto riguarda la tettonica eo-caledoniana, antecedente a quella ercinica, sono presenti solo sporadiche evidenze che possano testimoniare la presenza di una fase deformativa relativa all'Ordoviciano inferiore-medio (Funedda et al. 2012).

7.3.1 Tettonica paleozoica

L'orogenesi ercinica che ha interessato il basamento della Sardegna è caratterizzata da una complessa tettonica polifasica associata a un metamorfismo in *facies* degli scisti verdi (Carmignani et al. 1987, 1994; Pertusati et al. 2002). L'evoluzione tettonica si articola, quindi, in una fase di raccorciamento connessa alla collisione continentale ed in una distensiva fase post-collisionale (Carosi & Pertusati 1990; Conti et al. 1999; Pertusati et al. 2002; Barca et al. 2017).

La fase di raccorciamento è quella che ha indotto nella successione cambro-carbonifera la deformazione più importante, con metamorfismo sin-cinematico e formazione di pieghe isoclinali e sovrascorrimenti che hanno sovrapposto le diverse unità tettoniche (Carmignani et al. 1982; Barca et al. 2017). Gli ultimi stadi del raccorciamento sembrano responsabili della formazione delle grandi strutture antiformali che ripiegano gli elementi suddetti (Barca et al. 2017).

Durante la fase post-collisionale, la risposta al disequilibrio isostatico nell'edificio a falde precedentemente formatosi è caratterizzata da pieghe asimmetriche e zone di taglio con cinema-

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 21 di 68</p>
---	--

tica diretta (Funedda et al. 2012). Tali elementi favoriscono il sollevamento dei nuclei più profondi delle unità tettoniche, esasperando la geometria antiforme dell'edificio a falde acquisita durante la fase tardiva del raccorciamento (Carosi & Pertusati 1990; Conti et al. 1999; Barca et al. 2017).

Tra il Carbonifero superiore e il Permiano, al termine dell'orogenesi ercinica, la Sardegna è stata interessata da un'ulteriore deformazione tettonica che ha portato alla formazione di numerosi bacini sedimentari (Carmignani et al. 1992a; Pertusati et al. 2002; Barca et al. 2017). La formazione di tali elementi è prevalentemente connessa a paleodepressioni attivate da tettonica trascorrente o, al più, da faglie dirette a basso angolo (Barca et al. 1995; Barca et al. 2017). Le successioni che colmano i bacini sono interessate da numerose faglie dirette orientate circa N-S, spesso suturate dai depositi mesozoici ed eocenici direttamente sovrapposti (Barca et al. 2017).

7.3.2. Tettonica mezo-cenozoica

Dopo il Paleozoico, l'isola è stata interessata da diverse e importanti fasi tettoniche, che hanno portato alla formazione delle attuali strutture geologiche (Cherchi & Montadert 1982; Carmignani et al. 2001, 2004). Tali fasi hanno prodotto numerosi elementi tettonici, per lo più di tipo fragile, che hanno interessato tutte le coperture post-paleozoiche a più riprese influenzandone la sedimentazione (Barca et al. 2017). Il sovrapporsi di numerosi cicli tettono-sedimentari è testimoniato dalle numerose discordanze angolari che separano i vari termini litostratigrafici meso-cenozoici (Carmignani et al. 2001; Pertusati et al. 2002; Barca et al. 2017).

Le strutture precedenti alla formazione dei bacini oligo-miocenici evidenziano una riattivazione nel tempo dei lineamenti orientati N-S, che rigettano anche le formazioni mioceniche, e di faglie NW-SE, responsabili anche della strutturazione dei bacini tardo-cenozoici e della fossa pliocenica del Campidano (Cherchi & Trémolières 1984; Oggiano et al. 1987; Barca et al. 2017). La maggiore evidenza dell'attività tettonica pre-eocenica è rappresentata dalla discordanza angolare con cui le formazioni eoceniche poggiano sui depositi paleozoici, triassici e giurassici (Barca et al. 2017).

L'impronta deformativa terziaria più importante è data proprio dalla tettonica che ha strutturato i diversi bacini oligo-miocenici (Carmignani et al. 2001; Barca et al. 2016). All'interno di tali bacini, vengono comunemente riconosciuti tre cicli sedimentari, rappresentati da depositi silicoclastici e carbonatici con associati prodotti vulcanici effusivi e piroclastici (Lecca et al. 1997; Carmignani et al. 2001, 2004; Barca et al. 2017; Barca et al. 2016). I bacini riferiti al I ciclo sedimentario sono connessi alla tettonica trascorrente generata dalla spinta nord-appenninica

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 22 di 68</p>
---	--

(Carmignani et al. 2001; Barca et al. 2016), mentre i bacini del II e III ciclo sono associati a due differenti fasi tettoniche distensive (Carmignani et al. 1992b).

La tettonica trascorrente dell'Oligocene superiore - Burdigaliano inferiore ha prodotto diversi sistemi di faglie ad alto angolo che interessano sia il basamento ercinico che le relative coperture. Tra questi è possibile riconoscere due sistemi di faglie trascorrenti sinistre, con direzione NE-SW e ENE-WSW, e un sistema di faglie trascorrenti destre, con direzione circa E-W (Pasci 1997; Pasci et al. 1998; Carmignani et al. 2001). In particolare, alle faglie trascorrenti sinistre sono associate sia zone di transpressione con raddoppi tettonici che strutture transtensive (Oggiano et al. 1995; Barca et al. 2016). Solo nella Sardegna centro-meridionale le strutture trascorrenti sono orientate NW-SE, con movimenti destri, ma presentano rilevanti componenti dirette che determinano la formazione di bacini con sedimentazione prevalentemente marina (Barca et al. 2016).

Solo durante il Burdigaliano, con l'apertura del Bacino Balararico, si assiste al passaggio dalla tettonica trascorrente a quella distensiva, che si riflette con l'apertura di bacini marini ad andamento circa NNW-SSE (Funedda et al. 2000; Barca et al. 2016). Contemporaneamente, le faglie transtensive dei bacini oligo-aquitani della Sardegna centro-meridionale sono state riattivate con rigetti prevalentemente diretti (Barca et al. 2016). Le faglie NNW-SSE che bordano i bacini sono inoltre tagliate da una serie di faglie di trasferimento orientate circa E-W, che separano vari *semi-graben* con direzione di *tilting* opposta.

La tettonica pliocenica, infine, ha portato allo sviluppo di numerose strutture distensive a cui sono connessi bacini sedimentari di particolare rilevanza, come il *Graben* del Campidano (Pecorini & Pomesano Cherchi 1969; Pala et al. 1982). Durante questa fase si assiste alla riattivazione delle direttrici strutturali più antiche e allo sviluppo di una nuova famiglia di faglie a direzione N-S (Pala et al. 1982; Barca et al. 2016), responsabile tra l'altro della strutturazione ad andamento meridiano dei contorni dell'isola. Ad essa si aggiungono due ulteriori sistemi di faglie orientati circa NNW-SSE e E-W, talvolta con una debole componente trascorrente (Cherchi & Montadert 1982; Pala et al. 1982).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 23 di 68</p>
---	--

8 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

8.1 Assetto litostratigrafico

Nei settori di stretto interesse progettuale, quindi, sono state individuate e perimetrare numerose unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando unità stratigrafiche convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri caratterizzati da peculiarità litologiche specifiche.

8.1.1. Basamento metamorfico paleozoico

Le sequenze metamorfiche paleozoiche sono rappresentate da una singola formazione, estesamente affioranti nel settore nord-occidentale. I suddetti litotipi poggiano in discordanza stratigrafica su unità geologiche non affioranti nell'area.

8.1.1.1 Formazione di Pala Manna

La formazione in questione affiora unicamente nel settore nord-occidentale dell'area di studio, in località Su Moddizraxiu e Su Mori De Sa Serra Nou Si tratta di rocce metamorfiche derivanti da una successione sedimentaria di bacino sinorogenico, costituita da due distinte litofacies a composizione metarenaceo-metasiltitica e quarzitica. Poggiano in contatto stratigrafico concordante su unità non affioranti nell'area. Questi terreni presentano uno spessore massimo di circa 400 m e sono riferibili interamente al Carbonifero inferiore.

La litofacies metarenaceo-metasiltitica è composta da metarenarie laminatiche di colore grigio-verdastro e giallognolo (**PMN**), prevalentemente micacee, in alternanza con metaquarzoareniti chiare e metasiltiti grigio-verdastre, talora fortemente silicizzate; a luoghi si rinvencono livelli di metaconglomerati poligenici costituiti da ciottoli sub-arrotondati di metarenarie, liditi, quarziti e metavulcaniti basiche, dispersi in matrice pelitica.

Mentre, la facies quarzitica è costituita da quarziti listate di colore grigio chiaro (**PMNb**), in bancate di spessore metrico, da mediamente a molto fratturare; presentano aspetto selcioso e risultano sempre ripiegate in maniera caotica.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 24 di 68</p>
---	--

8.1.2. Complesso intrusivo e filoniano tardo-paleozoico

Tale complesso è formato da una singola formazione, affiorante localmente nel settore nord-occidentale. I suddetti litotipi risultano intrusi all'interno del basamento metamorfico con contatti più o meno verticali.

8.1.2.1 Unità intrusiva di Villacidro

Queste rocce affiorano localmente nel settore nord-occidentale dell'area di studio, in località Su Nurascheddu. Si tratta di rocce magmatiche prevalentemente acide, costituite da una singola litofacies a composizione sienogranitico-monzogranitica. Risultano intrusi all'interno del basamento metamorfico con contatti più o meno verticali. Tali depositi presentano uno spessore massimo non determinabile e sono ascrivibili al Carbonifero superiore – Permiano.

Dal punto di vista litologico si tratta di sienograniti e monzograniti più o meno leucocrati di colore rosato e biancastro (**VLDC**), a grana media o medio-grossa, generalmente molto fratturate, con locali porzioni pegmatoidi; a luoghi si rinvencono facies microporfiriche, microgranitiche e rirolitiche in prossimità del contatto con la roccia incassante.

8.1.3. Successioni sedimentarie paleogeniche

Tali successioni sono composte dalle sequenze sedimentarie che formano l'ossatura di questo settore, e sono formati da una singola formazione. I termini litologici delle successioni paleogeniche poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche

8.1.3.1 Formazione del Cixerri

La formazione in questione affiora localmente nei settori nord-occidentali dell'area di studio nei pressi della Raffineria Saras Sarroch. Si tratta di depositi continentali di piana alluvionale, costituiti da una singola litofacies a composizione arenaceo-conglomeratica. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. Tale unità presenta uno spessore massimo di circa 30 m ed è ascrivibile al periodo Eocene medio – Oligocene?.

Dal punto di vista litologico si tratta di arenarie quarzose e quarzoso-feldspatiche di colore grigio e grigio-verdastro (**CIX**), in alternanza con arenarie siltose a cemento carbonatico, argille limose giallo-rossastre e marne argillose grigie e giallastre, con diffuse strutture sedimentarie quali impronte di carico, solchi di erosione e stratificazione parallela e obliqua; a luoghi si rinvencono lenti e/o livelli di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice argillosa e arenaceo-argillosa di colore marrone chiaro e giallastro, da scarsa ad abbondante.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 25 di 68</p>
---	--

8.1.4. Complesso vulcanico di Sarroch

I litotipi in questione sono costituiti da prodotti vulcanici infra-cenozoiche di colata lavica e caduta. I suddetti litotipi risultano intruse all'interno delle unità più antiche o in appoggio discordante sulle stesse.

8.1.4.1 Andesiti di Monte Arrubiu

Tali litotipi affiorano localmente nel settore meridionale e nord-orientale dell'area di studio, nei pressi di Cuccuru Pinna, Cuccuru S. Marco e località Bacchellina. Si tratta di rocce vulcaniche effusive e filoniane, costituite da tre differenti litofacies a composizione andesitica, piroclastica e dacitica. Risultano intruse all'interno delle unità più antiche o in appoggio discordante sulle stesse. Tali rocce presentano uno spessore massimo non determinabile e sono ascrivibili al periodo Oligocene superiore – Miocene inferiore.

La facies andesitica è formata da lave andesitiche autobrecciate di colore grigio e viola (**MAB**), talora verdi e rossastre per alterazione, in bancate di spessore metrico; sono presenti diffusi fenomeni di alterazione idrotermale di tipo "propilitico" e "argillitico".

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la
S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:

T00GE00GEORE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 26 di 68



Foto 2 – Affioramento della facies andesitica della formazione delle Andesiti di Monte Arrubiu, nel settore meridionale dell'area in esame, in località Pranu de Santu.

La facies piroclastica è costituita da piroclastiti cineritiche di colore grigio e viola, a luoghi marrone e rossastro (**MAB1**), a struttura caotica, con diffusi blocchi angolosi di andesiti, metamorfiti e magmatiti; a luoghi si rinvencono livelli di epiclastiti eterometriche, con diffusi clasti poligenici di dimensioni centimetriche.

Infine, la facies dacitica è formata da dicco sud-verticale a chimismo dacitico (**MABa**), esteso per un centinaio di metri e con uno spessore variabile tra i 4 e i 6 m circa.

8.1.5. Depositi continentali quaternari

Questi depositi sono composti da quattro differenti unità continentali quaternarie, ampiamente affioranti in tutta l'area di studio. Tali depositi poggiano in discordanza stratigrafica sulle unità geologiche più antiche.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File: T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 27 di 68</p>
---	---

8.1.5.1 *Subsistema di Portoscuso*

Questi depositi affiorano nel settore centrale dell'area di studio, in località Concheddu e Accheddus. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da tre distinte litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argilloso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. Questi depositi presentano uno spessore massimo di circa 40 m e sono riferibili al Pleistocene superiore.

La litofacies più grossolana è costituita da ghiaie poligeniche prevalentemente grossolane (**PVM2a1**), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso-limosa, limoso-sabbiosa e argilloso-sabbiosa di colore marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di ghiaie e sabbie a stratificazione incrociate e breccie grossolane a clasti angolosi.



Foto 3 – Affioramento litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa del Subsistema di Portoscuso, nel settore centro settentrionale dell'area di studio, in località Piccionis.

La litofacies psammitica è prevalentemente composta da sabbie limose e limi sabbiosi di colore rossastro e giallastro (**PVM2a2**), a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di limi argilloso-sabbiosi di colore marrone e rossastro, a struttura indistinta, con rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 28 di 68</p>
---	--

La litofacies pelitica, infine, è formata da limi argilloso-sabbiosi di colore marrone (**PVM2a3**), rossastro e giallastro, a struttura indistinta, con rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono intercalazioni di argille limose marroni e passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso-limosa e argilloso-sabbiosa di colore marrone-rossastro, da scarsa ad abbondante.

8.1.5.2 Depositi alluvionali terrazzati

I terreni in esame si rinvencono diffusamente nell'area di studio, in corrispondenza della parte alta dei versanti che bordano la costiera. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da una singola litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. Tale formazione mostra uno spessore massimo di circa 8 m ed è ascrivibile all'Olocene.

Sotto il profilo sedimentologico è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**ba1**), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa di colore marrone, giallastro e rossastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti lenti e/o livelli di ghiaie fini e sabbie grossolane di colore marrone e giallastro, massive o a stratificazione incrociata.

8.1.5.3 Depositi alluvionali recenti e attuali

Tale formazione affiora in lembi di ridotta estensione in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area di intervento. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale e argine, costituiti da una singola litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai Depositi eluvio-colluviali. Questa unità presenta uno spessore massimo di circa 4 m ed è riferibile all'Olocene – Attuale.

Generalmente è formata da ghiaie poligeniche grossolane e molto grossolane (**ba1**), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

8.1.5.4 Depositi eluvio-colluviali

Questi depositi si rinvencono diffusamente in tutta l'area di studio, alla base delle principali scarpate morfologiche. Si tratta di depositi continentali di versante e di alterazione del substrato, costituiti da una singola litofacies a composizione limoso-sabbiosa. Poggiano in contatto

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 29 di 68</p>
---	--

stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai Depositi alluvionali recenti e attuali. Tali depositi presentano uno spessore massimo di circa 3 m e sono riferibili all'intervallo Olocene – Attuale.

I terreni in esame sono composti da sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio (**b2**), marrone e bruno-rossastro, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose; a luoghi sono presenti suoli più o meno evoluti, con locali molluschi polmonati, e passaggi di argille limoso-sabbiose di colore marrone e bruno-rossastro, a struttura indistinta, con rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 30 di 68</p>
---	--

9 ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

Dal punto di vista morfologico, invece, l'area di studio è caratterizzata dalla presenza di una estesa superficie sub-pianeggiante blandamente immergente verso il Golfo di Cagliari ad est, costituita da una serie di terrazzi morfologici elevati di pochi metri rispetto al fondovalle attuale. Tale settore è delimitato ad ovest e nord-ovest dall'Iglesiente, a est dal Golfo di Cagliari e a sud dal Riu Mannu. Dal punto di vista orografico, invece, il tracciato in esame impegna settori di territorio posti a quote comprese tra 45 m s.l.m. e 86 m s.l.m. circa.

In generale, il reticolo idrografico presenta uno sviluppo abbastanza articolato ed un *pattern* sub-angolare che segue in buona sostanza le principali direttrici tettoniche dell'area. La struttura della rete idrografica, pertanto, risulta fortemente condizionata sia dall'assetto giaciturale dei termini litologici affioranti che dagli elementi strutturali che li hanno interessati.

Il principale corso d'acqua dell'area di studio è costituito dal Riu Mannu, immissario del Riu di Pula che sfocia nel Golfo di Cagliari, posto più a sud del tracciato in esame. Gli elementi idrografici che interessano direttamente la tratta in esame sono rappresentati, da nord a sud, dal Canale Giaccu e da Riu s'Acqua de Ferru. Ad essi si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere stagionale e/o torrentizio, e numerosi solchi da ruscellamento concentrato attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

Le maggiori forme di accumulo connesse col deflusso idrico superficiale derivano dai processi deposizionali dei principali sistemi fluviali presenti, come il Canale Giaccu e il Riu s'Acqua de Ferru. In corrispondenza di tali elementi, infatti, i meccanismi deposizionali risultano preponderanti sugli altri processi geomorfologici e conferiscono alle maggiori depressioni vallive una morfologia blandamente ondulata e leggermente degradante verso est. Spesso i depositi fluviali risultano distribuiti in terrazzi elevati di alcuni metri sul livello attuale dei principali corsi d'acqua. Soprattutto nei settori più interni, i terrazzi fluviali sono formati da estese conoidi di deiezione allungate in direzione della costa, successivamente incise a causa dell'approfondimento del reticolo idrografico.

In corrispondenza dei corsi d'acqua principali, e secondariamente lungo gli alvei dei loro affluenti maggiori, si rinvengono inoltre vistose scarpate di erosione fluviale e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all'approfondimento, mentre gli alvei più importanti sono caratterizzati da zone in approfondimento e settori di prevalente deposizione. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono presenti in corrispondenza dei margini esterni dei terrazzi alluvionali più estesi, posti a quote variabili dai fondovalle attuali.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 31 di 68</p>
---	--

Gli elementi connessi con l'attività antropica sul territorio sono piuttosto rari e, in genere, limitati ai manufatti realizzati in corrispondenza delle principali infrastrutture a rete. Essi sono pertanto localizzati prevalentemente in corrispondenza delle principali strade di collegamento. In corrispondenza delle principali infrastrutture a rete si rinvengono estesi terreni di riporto provenienti da cavature e sbancamenti, realizzati sia nei termini litologici del substrato che nei depositi di copertura continenti. Infine, ai suddetti elementi si aggiungono numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali che in corrispondenza di alcuni insediamenti agricoli e abitativi. Inoltre, nel settore centro-settentrionale è presente una discarica inattiva.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 32 di 68</p>
---	--

10 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l'area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell'area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area di studio.

10.1 Complessi idrogeologici

Nei settori di intervento sono stati individuati sei complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico dell'area e sulle caratteristiche di permeabilità dei diversi termini litologici.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell'area è stata compiuta in considerazione delle prove di permeabilità (Lefranc) disponibili realizzate nei fori di sondaggio nel corso della campagna di indagine del 2019 e sulla base del grado di aggregazione, fratturazione e alterazione. Nel paragrafo 10.2 "Prove di permeabilità" si riporta una sintesi di tali prove, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza.

Si sottolinea, infine, che la stima del *range* di variazione del coefficiente di permeabilità relativo ad ogni complesso idrogeologico è stata effettuata in funzione delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di alterazione, fessurazione e carsismo dei singoli ammassi rocciosi.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 33 di 68</p>
---	--

10.1.1. Complessi delle unità del substrato

Questo gruppo è rappresentato da tre distinti complessi idrogeologici, costituiti da successioni sedimentarie, da terreni metamorfici e vulcanici.

10.1.1.1 Complesso arenaceo-marnoso

Al complesso in questione (**CAM**) sono riferiti i termini arenaceo-marnosi dell'unità **CIX**. Si tratta di arenarie quarzose e quarzoso-feldspatiche, in alternanza con arenarie siltose a cemento carbonatico, argille limose giallo-rossastre e marne argillose, con diffuse strutture sedimentarie; a luoghi si rinvengono lenti e/o livelli di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice argillosa e arenaceo-argillosa, da scarsa ad abbondante.

Costituiscono acquiferi misti di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di ridotta rilevanza, generalmente frazionate e a carattere stagionale. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

10.1.1.2 Complesso cineritico – epiclastico

Al presente complesso (**CCE**) sono associati i termini cinetico-epiclastici dell'unità **MAB1**. Si tratta di piroclastiti cineritiche, a luoghi marrone e rossastro, a struttura caotica, con diffusi blocchi angolosi di andesiti, metamorfiti e magmatiti; a luoghi si rinvengono livelli di epiclastiti eterometriche, con diffusi clasti poligenici di dimensioni centimetriche.

Costituiscono acquiferi misti di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, localmente frazionate ma generalmente a deflusso unitario. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da bassa a media. Al presente complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

10.1.1.3 Complesso vulcanico-metamorfico

A tale complesso (**CVM**) sono riferite le successioni **MAB**, **MABa**, **VLDc**, **PMN** e **PMNb**. Si tratta di lave andesitiche autobrecciate, in bancate di spessore metrico; sono presenti diffusi fenomeni di alterazione idrotermale di tipo "propilitico" e "argillitico"; sienograniti e monzograniti più o meno leucocrati, a grana media o medio-grossa, generalmente molto fratturate, con locali porzioni pegmatoidi; a luoghi si rinvengono facies microporfiriche, microgranitiche e riolitiche in prossimità del contatto con la roccia incassante; metarenarie laminitiche, prevalentemente micacee, in alternanza con metaquarzoareniti chiare e metasiltili, talora fortemente

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 34 di 68</p>
---	--

silicizzate; a luoghi si rinvencono livelli di metaconglomerati poligenici costituiti da ciottoli sub-arrotondati di metarenarie, liditi, quarziti e metavulcaniti basiche, dispersi in matrice pelitica.

Costituiscono acquiferi fessurati di discreta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, generalmente a deflusso discontinuo e frazionato, contenute nelle porzioni più alterate e fessurate dell'ammasso. La permeabilità, esclusivamente per fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

10.1.2. Complessi dei depositi di copertura

Tale gruppo è rappresentato da tre differenti complessi idrogeologici, composti essenzialmente da depositi quaternari di natura alluvionale, e detritico-colluviale.

10.1.2.1 Complesso alluvionale fine

Questo complesso (**CAF**) è formato dai termini delle unità **PVM2a2** e **PVM2a3**. Si tratta di sabbie limose e limi sabbiosi, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi argilloso-sabbiosi, a struttura indistinta, con rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate con intercalazioni di argille limose e passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso-limosa e argilloso-sabbiosa, da scarsa ad abbondante.

Costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. A questo complesso è possibile attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

10.1.2.2 Complesso alluvionale grossolano

A tale complesso (**CAR**) sono associati i termini ghiaioso-sabbiosi delle unità **ba1**, **bna1** e **PVM2a1**. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa, da scarsa ad abbondante; luoghi sono presenti passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con lenti e/o livelli di ghiaie fini e sabbie grossolane di colore marrone e giallastro, massive o a stratificazione incrociata.

Costituiscono acquiferi porosi di ridotta trasmissività, moderatamente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, generalmente a deflusso unitario.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 35 di 68</p>
---	--

rio, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da media ad alta. Al presente complesso può essere attribuito un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-5}$ e $1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

10.1.2.3 Complesso detritico-colluviale

Al complesso in questione (CDC) sono riferiti i termini dell'unità **b2**. Si tratta di sabbie limose e limi sabbiosi, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose; a luoghi sono presenti suoli più o meno evoluti, con passaggi di argille limoso-sabbiose, a struttura indistinta, con rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose.

Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, moderatamente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. Al complesso in questione si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

10.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove eseguite, con indicazione dei valori di permeabilità determinati distinti per i relativi complessi idrogeologici di appartenenza.

sigla	prova	tipologia	profondità m	permeabilità m/s	campagna indagini
S05_PZ	1	Lefranc	11.5 - 12.0	1.70E-05	PE-2019

Tabella 6 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per il Complesso alluvionale grossolano (CAR), ND: non sono disponibili i certificati delle prove.

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

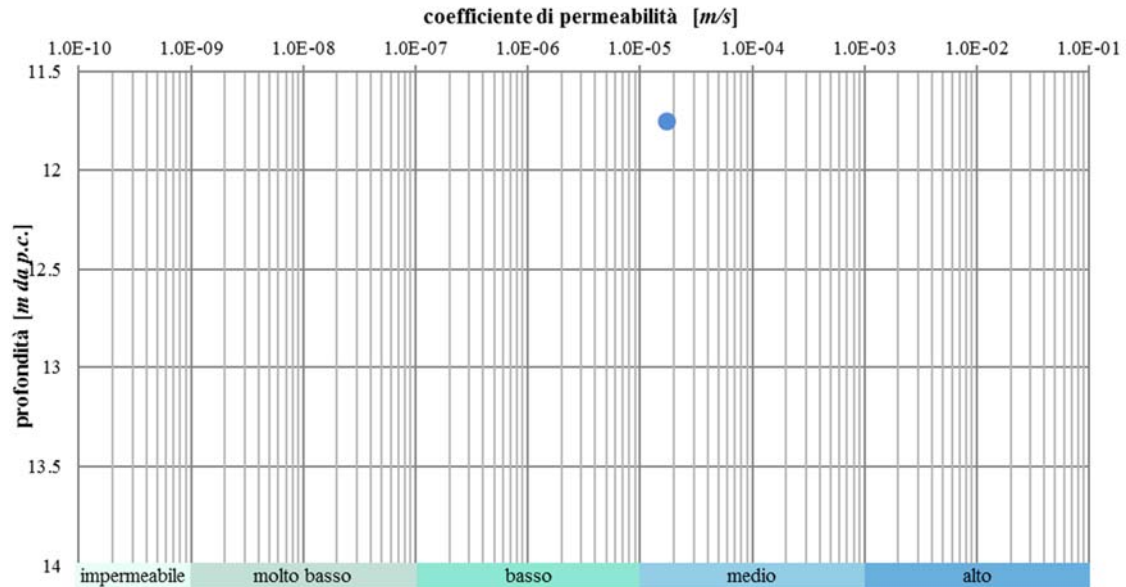
File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 36 di 68**

Figura 6 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per il Complesso alluvionale grossolano (CAR).

sigla	prova	tipologia	profondità m	permeabilità m/s	campagna indagini
S08_DH	1	Lefranc	13.5 - 14.0	1.70E-06	PE-2019

Tabella 7 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per il Complesso vulcanico-metamorfico (CVM), ND: non sono disponibili i certificati delle prove.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</p>	<p>File: T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 37 di 68</p>
--	---

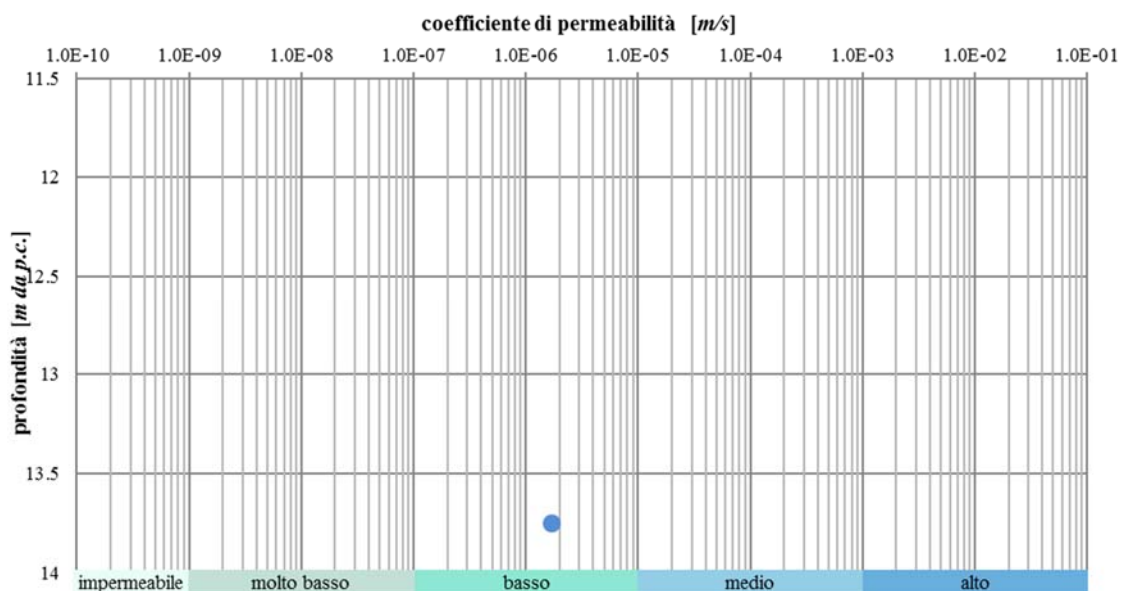


Figura 7 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per il Complesso vulcanico-metamorfico (CVM).

10.3 Monitoraggio piezometrico

Allo stato attuale nelle analisi idrogeologiche sono stati utilizzati i dati del livello idrico sotterraneo riportati negli studi idrogeologici bibliografici e le osservazioni e i dati del livello piezometrico registrati in fase di perforazione e riportati nei certificati delle stratigrafie.

Di seguito si riportano i dati del livello piezometrico registrato in fase di perforazione per tutti i punti di indagine disponibili, con indicazione delle principali caratteristiche del foro (sigla, piezometro, data, profondità falda, quota e note).

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
S05_PZ	Tubo aperto cieco: 0.0 - 10.0 finestrato: 10.0 - 20.0	12/2018	11.0	69.4	-
S09_PZ	Tubo aperto cieco: 0.0 - 10.0 finestrato: 10.0 - 20.0	12/2018	11.0	67.3	

Tabella 8 - Dati piezometrici in fase di perforazione sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio nell'ambito della campagna indagini del progetto esecutivo 2019.

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 38 di 68**

Inoltre, sono stati consultati gli studi bibliografici che interessano la zona di studio. In particolare, lo "Schema idrogeologico del foglio 565" (Ispra 2009) che per la zona di stretto interesse progettuale non riporta un livello piezometrico (cfr. Figura 8).

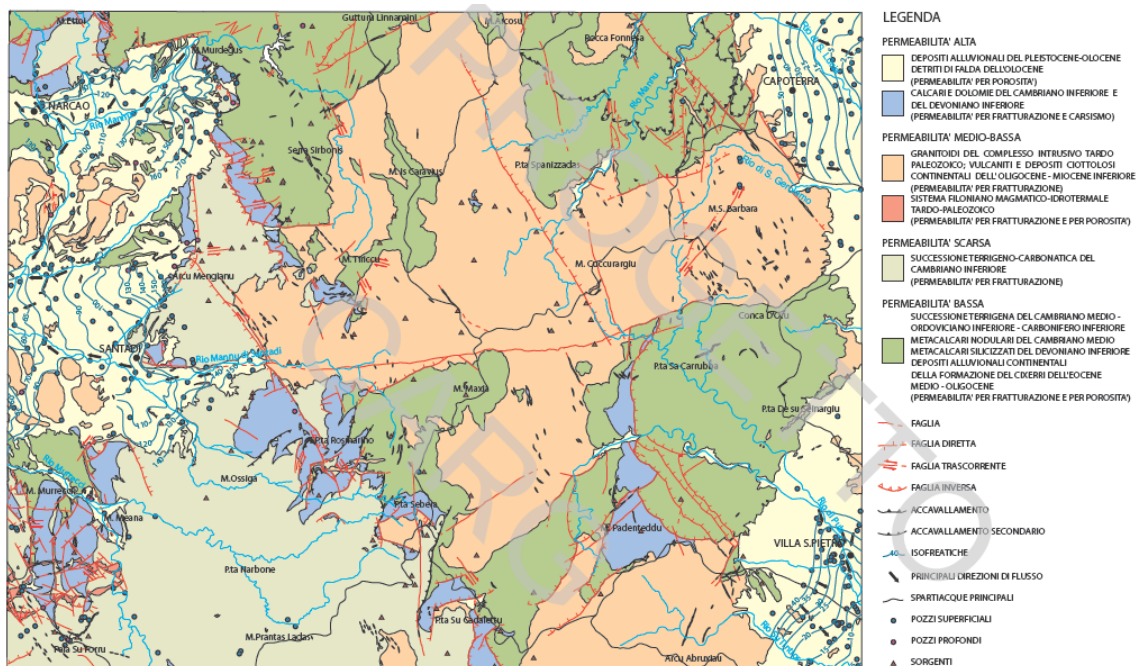


Figura 8 – Schema idrogeologico del foglio 565 "Capoterra".

I dati piezometrici disponibili evidenziano un livello di falda che si attesta ad una quota di circa 67-70 m s.l.m., le oscillazioni stagionali sono legate principalmente agli apporti meteorici. Le misure eseguite in fase di esecuzione dei sondaggi, seppur provvisorie, risultano coerenti con il contesto di riferimento.

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 39 di 68****11 SISMICITÀ DELL'AREA**

Le caratteristiche di sismicità del Blocco Sardo-Corso sono da porre in relazione, sostanzialmente, con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano (Cherchi & Schroeder 1976; Barca & Costamagna 1997, 2000; Carmignani et al. 2001). Infatti, il basamento della Sardegna rappresenta un segmento della Catena Ercinica Sud-Europea, formatosi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore (Cherchi & Montadert 1982; Cocco 2013; Barca et al. 2009).

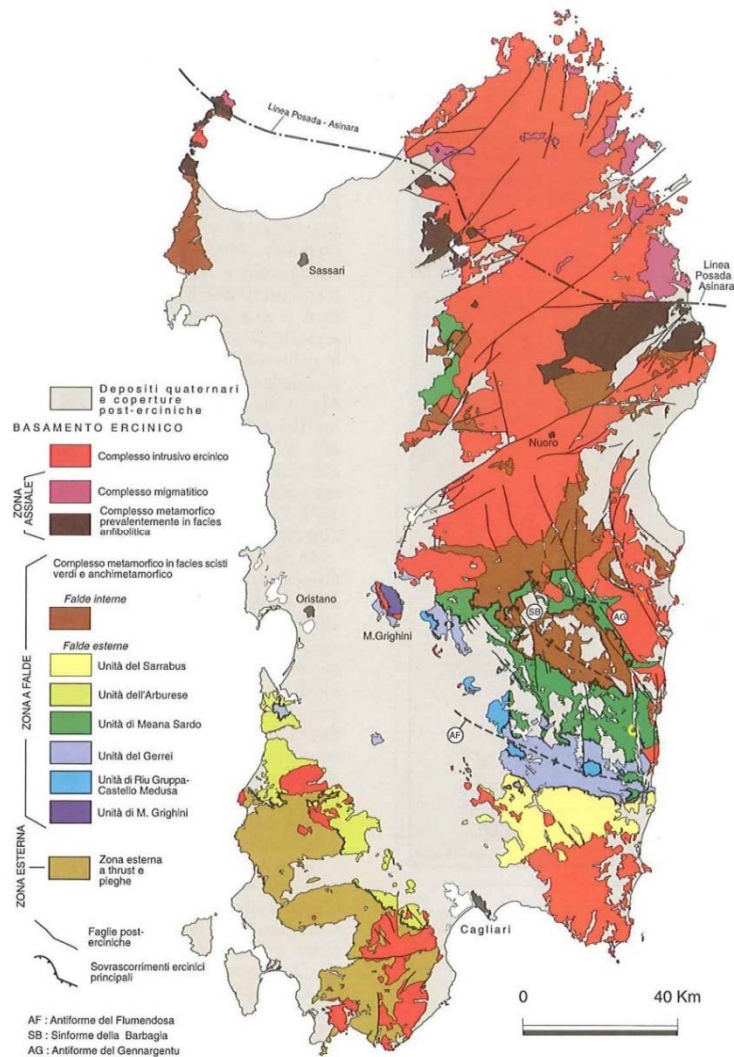


Figura 9 – Schema dei principali elementi strutturali del basamento ercinico sardo (da Carmignani et al. 2001).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 40 di 68</p>
---	--

Durante il Miocene superiore, il principale evento geodinamico dell'area è rappresentato dalla strutturazione dell'attuale margine orientale dell'isola, che si protrae fino a parte del Quaternario (Masce & Rehault 1990). In questo periodo, i principali eventi geodinamici che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati quindi dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanfossa del margine adriatico e, soprattutto l'apertura del Bacino Tirrenico meridionale (Carmignani et al. 2001; Barca et al. 2009).

Detto ciò, la convinzione che la Sardegna sia una regione "non sismica" è diffusa e radicata profondamente nell'opinione popolare. Tuttavia, nonostante il Blocco Sardo-Corso sia una tra le zone più antiche e stabili dell'intera area mediterranea, negli ultimi decenni non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze (<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-terremotus-factus-est-1616/>).

La consultazione del database DISS (vers. 3.2.1., 2018), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il tracciato di progetto non è interessato dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche.

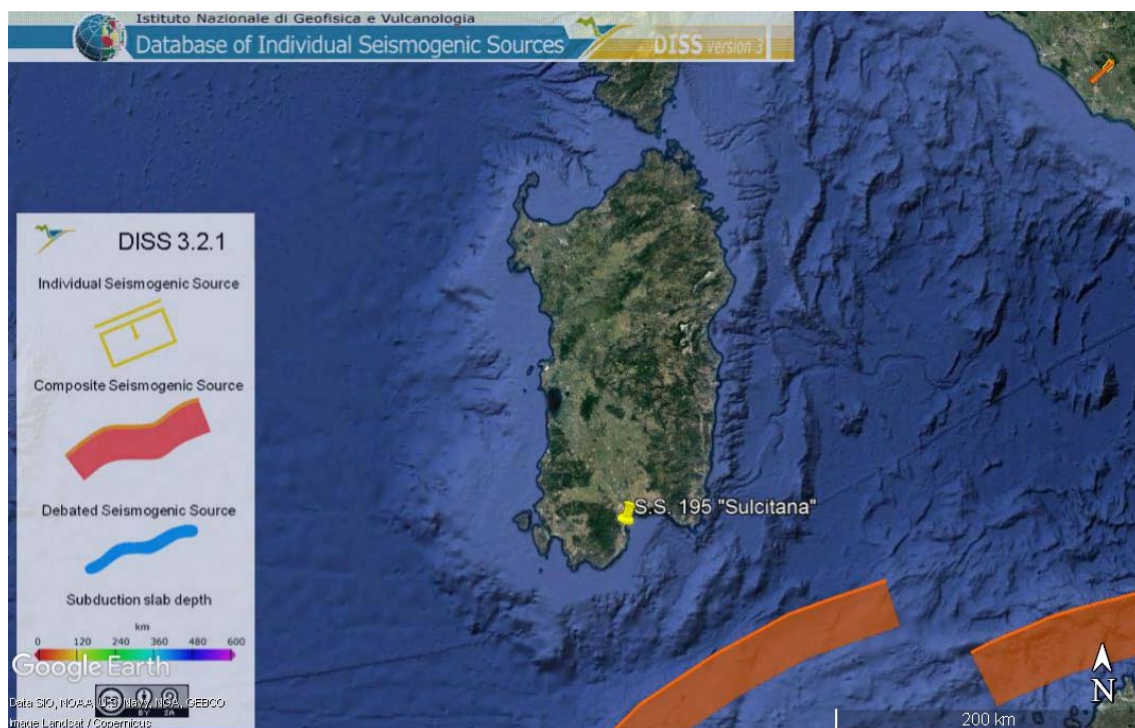


Figura 10 - Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working group 2018, Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), versione 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 41 di 68</p>
---	--

11.1 Sismicità storica

Nonostante il catalogo sismico (CPTI15) copra un intervallo tempo di oltre 2000 anni, molti degli eventi registrati nell'area in esame si sono concentrati nell'arco di quattro secoli, tra il 1616 e il 1617, anche per via della maggiore accuratezza e della completezza dei documenti storici rinvenuti. L'ultimo terremoto di una certa intensità, infatti, è stato quello del 2006, con una Magnitudo momento pari a 4.03 localizzato a Capo Teulada. In Tabella 9 sono riportati, in ordine temporale, i parametri sismici relativi ai principali terremoti registrati nell'area della Sardegna.

A prova del fatto che la Sardegna non è esente da una certa sismicità si riportano le seguenti notizie storiche: un sisma si verificò alle tre del pomeriggio del 4 giugno 1616, come riportato dalla testimonianza del priore di Selargius, dove il terremoto fu avvertito molto sensibilmente: "[...] 1616, vuy alls 4 de juni 1616 di sa presente, après dinar a les 3 hores ha vingut un terramotu que batas, les cases parexian que ne caian y la terra tremulava de tal manera 41uel es persones y totes les cases tremulavan [...]"; lo stesso priore riferisce che un ulteriore terremoto fu avvertito a Selargius un anno dopo, alle cinque pomeridiane del 24 giugno 1617: "[...] 1617. Vuy als 24 de juny die de Saint Juan y di sa presente del any 1617 a la cinch horas après dinar ha vingut altre terramotu de la matexa manera que està notat lo de damunt si be dura mes poch [...]]" (Cabizzosu et al. 2003).

Data	Ora	Area epicentrale	I (Mcs)	I _o	M _w
04/06/1616	-	Sardegna meridionale	D	6-7	4.91
17/08/1771	18:00	Sardegna meridionale	HF	5	4.43
13/11/1948	09:52	Mar di Sardegna	D	6	4.72
26/04/2000	13:37	Tirreno centrale	5	-	4.77
24/10/2006	10:47	Capo Teulada	-	-	4.03

Tabella 9 – Parametri sismici relativi ai principali terremoti storici dell'area sarda (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>). Legenda: I= intensità massima, I_o= intensità epicentrale, M_w= Magnitudo momento.

Il 18 giugno 1970 un terremoto di magnitudo Mw 4.8 (CPTI15) localizzato nel Mare di Sardegna, alcune decine di chilometri a nord-ovest di Porto Torres, viene avvertito distintamente anche lungo le coste liguri e in Costa Azzurra. Sette anni più tardi, il 28 agosto 1977, è la volta di un terremoto di magnitudo Mw 5.4 localizzato in mare, un centinaio di km a sud-ovest di Carloforte, che viene avvento in tutta la Sardegna meridionale. Il 26 aprile 2000, due forti scosse (la maggiore di magnitudo Mw 4.8) localizzate nel Tirreno centrale, poche decine di km a est di Olbia, sono avvertite in gran parte dell'isola suscitando spavento lungo la costa nord-orientale, in particolare a Olbia e Posada (tratto da

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 42 di 68</p>
---	--

<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-terremotus-factus-est-1616/>).

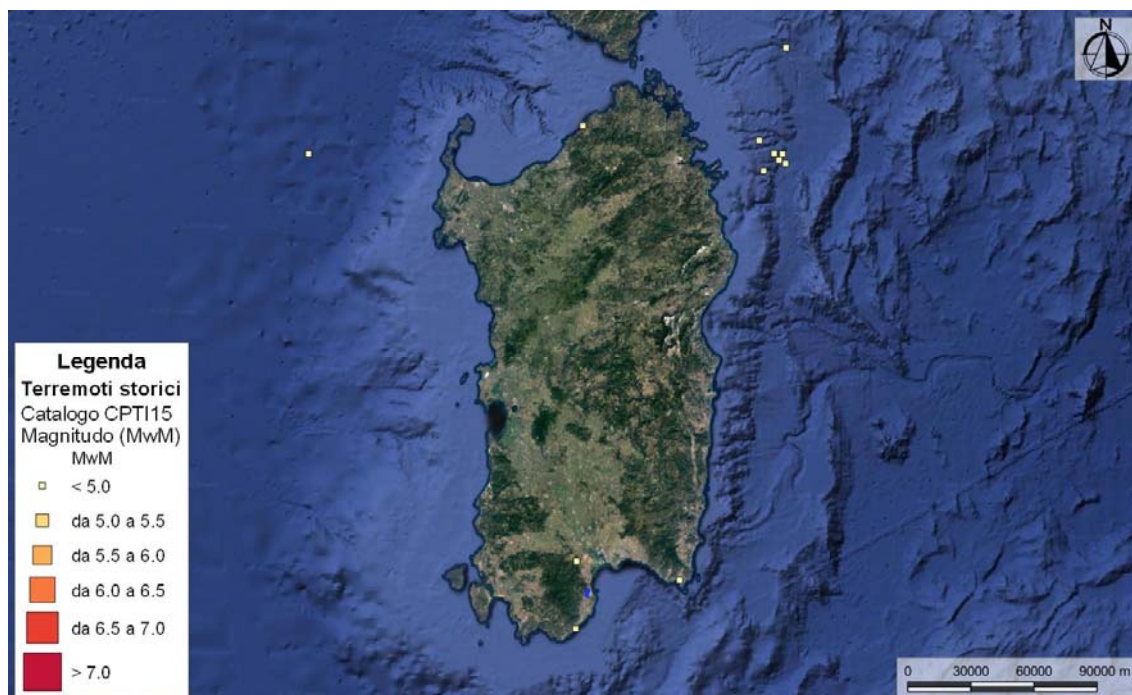


Figura 11 – Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici che hanno interessato l'area di studio (da catalogo CPTI15) con indicazione del tracciato di progetto (blu).

Quindi, come si può notare anche dai dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI15), l'area in questione è stata interessata da alcuni eventi sismici di una certa intensità, come ad esempio quello del 1616 di magnitudo 4.91 (Sardegna meridionale) o del 1948 di magnitudo 4.83 (Mar di Sardegna).

Di seguito sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15 v2.0, Rovida et al. 2019) al fine di documentare la storia sismica del centro abitato di Sarroch (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 43 di 68</p>
---	--

Storia sismica di Sarroch

[39.064, 9.011]

Numero eventi: 1

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
NF	2000 04 26 13 37 46.78	Tirreno centrale	265		4.77

Tabella 10 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Sarroch (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

11.2 Sismicità attuale

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa il territorio del comune Sarroch ricadeva in **Zona sismica 3B** con livello di pericolosità medio, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici abbastanza deboli ($ag \leq 0.05$).

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, soventemente, situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici che avveniva in un breve arco di territorio.

Oggi la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazionale è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo. All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *Web-GIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. Figura 12). In parti-

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 44 di 68</p>
--	--

colare, per la zona interessata dalla tratta stradale progettuale, i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.025-0.050 a_g (accelerazione massima del suolo).

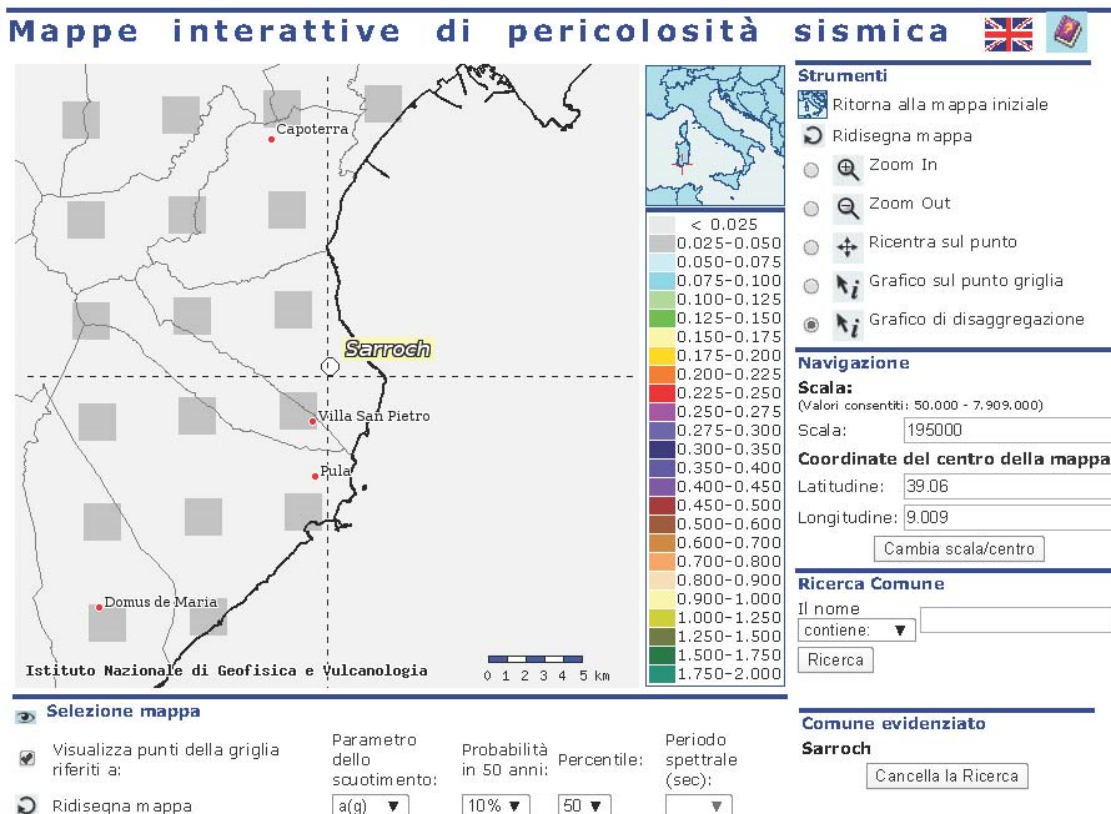


Figura 12 – Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, la consultazione del database del progetto ITHACA (Italy Hazard from Capable faults) ha permesso di definire l'eventuale presenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. Tali studi evidenziano l'assenza di faglie capaci nell'area di stretto interesse progettuale e in corrispondenza delle opere in progetto, in quanto l'unico elemento tettonico presente è ubicato a circa 2.5 km di distanza dalle stesse. Tale elemento, pertanto, non interferisce direttamente le opere in progetto, ma è comunque in grado di produrre eventi sismici di una certa importanza, con sicuro risentimento nei settori di stretto interesse progettuale. Il principale sistema di strutture recenti e attive è composto da numerose faglie normali, facenti parte del sistema di Campidano Graben (Barca et al. 2009; Bar-

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 45 di 68</p>
---	--

ca et al. 2005; Carmignani et al. 2001; Carmignani et al. 2015; Cherchi et al. 1979; Cherchi et al. 1980; Cocco et al. 1982; Murgia et al. 1993; Pecorini et al. 1969; Regione Sardegna 20016).

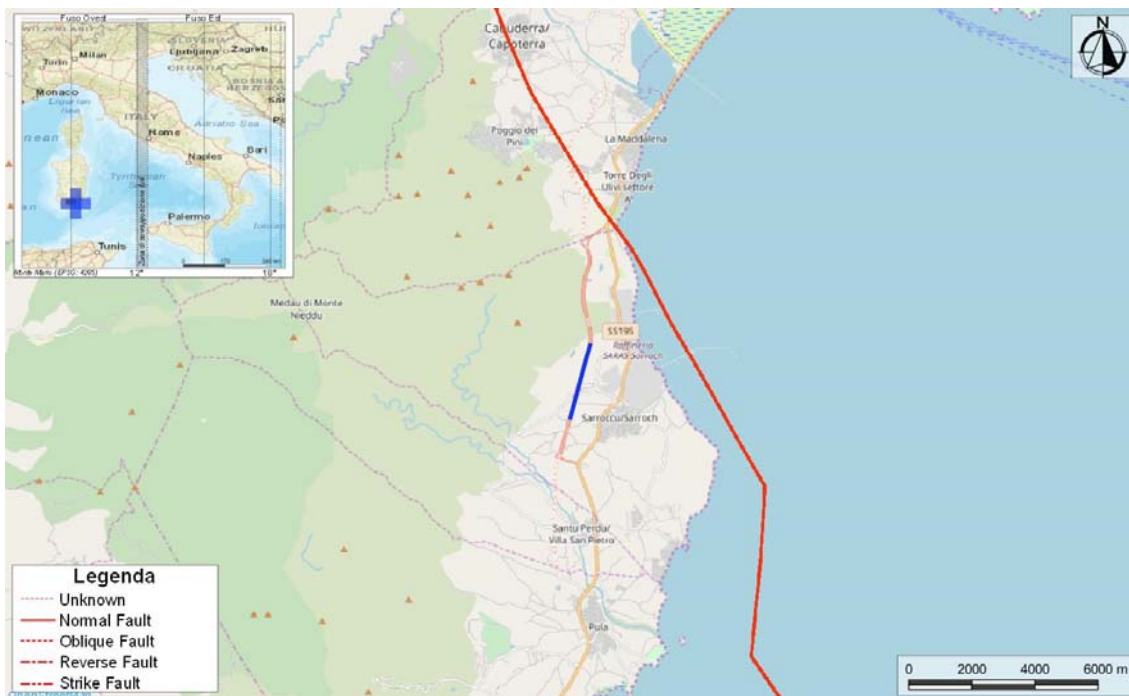


Figura 13 – Stralcio cartografico dell'area di interesse con individuazione della tratta stradale (blu), delle viabilità di progetto (magenta) e delle faglie capaci (Ithaca 2019).

11.3 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 46 di 68</p>
---	--

reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, per tutto il territorio della Sardegna si assumono i parametri spettrali contenuti nella tabella 2 dell'allegato Isole. Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 cfr. paragr. 3.2). I parametri forniti possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

T_R anni	a_g g	F_0 -	T_c^* s
30	0.186	2.61	0.273
50	0.235	2.67	0.296
72	0.274	2.70	0.303
101	0.314	2.73	0.307
140	0.351	2.78	0.313
201	0.393	2.82	0.322
475	0.500	2.88	0.340
975	0.603	2.98	0.372
2475	0.747	3.09	0.401

Tabella 11 - Parametri di riferimento del moto sismico in superficie per i differenti periodi di ritorno (T_R) considerati validi per tutto il territorio della Sardegna (da NTC2008, come previsto dalle NTC 2018).

11.4 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La normativa citata prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – G.U. Serie Generale n. 42 del 20-2-2018), la determinazione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s) per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 47 di 68</p>
---	--

I valori di V_s possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, possono essere valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{s,eq}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** *ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- **B:** *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- **C:** *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- **D:** *depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- **E:** *terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione di n. 1 prova MASW e n. 2 prove Down-Hole (cfr. T00GE00GEORE07A). In Tabella 12 si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,eq}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File: T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 48 di 68</p>
---	---

sigla	tipologia	Vs,eq m/s	H m	categoria di sottosuolo	unità geologiche
Masw1	Masw	505	30	B	PVM2a1/MAB1/MAB
S06_DH	Down-Hole	440	30	B	h/PVM2a1/PVM2a3
S08_DH	Down-Hole	542	19	B	h/PVM2a2/MAB1/MAB

Tabella 12 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini del progetto esecutivo 2019.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche precedentemente riportate, per i settori di studio si suggerisce l'adozione di una **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 49 di 68</p>
---	--

12 CRITICITÀ GEOLOGICHE

A conclusione delle presenti note, vengono di seguito sintetizzati i principali elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, che risultano direttamente connessi con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche che contraddistinguono l'area di studio.

12.1 Criticità geologico-tecniche

Dal punto di vista geologico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono connessi con il locale assetto stratigrafico-strutturale dell'area e con la sismicità attuale della Sardegna. Per questo secondo aspetto, in particolare, si rimanda a quanto riportato nel Capitolo 11 "SISMICITÀ DELL'AREA", dove sono descritte in maniera dettagliata tutte le caratteristiche sismogenetiche dell'area ed i principali elementi di pericolosità dal punto di vista sismico.

Per quanto concerne l'assetto litostratigrafico locale, i principali elementi di criticità geologica sono connessi con la presenza di depositi di copertura fortemente eterogenei, sia dal punto di vista litologico che per quanto concerne le caratteristiche fisico-meccaniche. Tali terreni, di genesi prevalentemente alluvionale e detritico-colluviale, presentano infatti un comportamento meccanico generalmente scadente, fortemente eterogeneo e di certa inaffidabilità geotecnica, tale da consigliarne la bonifica preventiva ai fini dell'individuazione del piano di posa delle strutture fondali.

In particolare, gli orizzonti argilloso-limosi intercalati alle porzioni granulometriche più grossolane dei suddetti terreni sono caratterizzati da una resistenza al taglio variabile, ma generalmente modesta, e da una elevata compressibilità, sia elastica che edometrica. I livelli sabbioso-limosi presenti all'interno dei depositi di copertura, invece, presentano una discreta resistenza al taglio ed una modesta compressibilità elastica.

Per quanto detto, i suddetti terreni non garantiscono alcun tipo di tenuta lungo i fronti di scavo, neanche nel breve periodo e soprattutto se esposti agli agenti atmosferici. Nel caso di opere realizzate in settori di affioramento di spesse coltri di copertura detritico-colluviali, quindi, dovranno essere previste delle specifiche analisi di carattere geotecnico volte alla definizione delle effettive condizioni di stabilità di eventuali tagli o scarpate, in particolare in corrispondenza delle zone di imbocco delle opere in sotterraneo.

Nella Tabella 13 si riportano gli spessori di scotico e bonifica in corrispondenza della fondazione della parte in allargò dei rilevati. Tali spessori sono stati stabiliti sulla base delle analisi granulometriche e delle prove di carico su piastra eseguite sui pozzetti esplorativi. Lo spessore di bonifica si rende necessario alla luce dei valori di modulo di primo carico risultanti dalle prove

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 50 di 68</p>
---	--

di carico su piastra come espressamente riportato negli specifici elaborati geotecnici a corredo del progetto.

pk inizio	pk fine	spessore scotico [cm]	spessore Bonifica [cm]	ID Pozzetto di riferimento	Pk pozzetto	Classificazione UNI 10006 a 40cm da p.c.	Modulo di primo carico prova di carico su piastra nell'intervallo 50-150 kPa
21+488	21+927	20 cm	30 cm	PZ5	21+970	A1-a	5.3
22+030	22+295	20 cm	30 cm	PZ5 / PZ6	21+970 22+420	A1-a/A2-4	5,3/-
22+650	23+665	20 cm	30 cm	PZ8	23+706	A1-a	6.99

Tabella 13 - Spessori di scotico e bonifica in corrispondenza della fondazione della parte in allargato dei rilevati.

Sulla scorta di tutti i dati bibliografici disponibili, è stato possibile individuare a circa 2.5 km a NW della zona di studio una faglia attiva e capace, definita come lineamento tettonico attivo che potenzialmente può creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, si tratta della faglia denominata Sarroch 1 Fault (Tabella 14) facente parte del sistema di Campidano Graben (Barca et al. 2009; Barca et al. 2005; Carmignani et al. 2001; Carmignani et al. 2015; Cherchi et al. 1979; Cherchi et al. 1980; Cocco et al. 1982; Murgia et al. 1993; Pecorini et al. 1969; Regione Sardegna 2016). Tale elemento quindi non interferisce direttamente con il tracciato di progetto (cfr. Figura 13), ma è comunque in grado di produrre eventi sismici di una certa importanza, con sicuro risentimento per le opere nei settori di stretto interesse progettuale. Di seguito la scheda delle caratteristiche fisiche e geologiche tratta dal Data Base ITHACA – Catalogo delle faglie capaci.

Faglia Sarroch 1 Fault	
GENERAL IDENTIFICATION	
FAULT CODE	94189
FAULT NAME	Sarroch 1 Fault
REGION NAME	Sardegna
TECTONIC ENVIRONMENT	CRATONIC
SYSTEM NAME	Campidano Graben
SYNOPSIS	The Sarroch 1 Fault corresponds to the southwestern margin of the Campidano Graben, a tectonic basin originating from the sinking of the southern portion of the Fossa Sarda or Sardinian Rift (Cherchi & Montadert, 1982; Assorgia et al., 1997; Funedda et al., 2000 ; Carmignani et al., 2001; Casula et al., 2001; Oggiano et al., 2009), concluded in the Plio-Quaternary with an extensional phase related to the evolution of the southern Tyrrhenian

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 51 di 68</p>
---	--

Faglia Sarroch 1 Fault	
	<p>basin (Casula et al., 2001; Cocco, 2013 and references therein). The graben was filled by a volcano-sedimentary succession (Samassi Formation, Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969) of Upper Pliocene/Pleistocene age, whose bottom extends at depths varying from 900 m (southern sector) to 1100 m (northern sector) (Cocco, 2013). The Sarroch 1 Fault corresponds to the master fault that bounds the western edge of the Campidano Graben and controls its evolution since the Oligocene (Casula et al., 2001). The fault was mapped based on the tectonic scheme of Casula et al. (2001) (scale 1: 800,000 approximately) subsequently modified on the basis of the Carg Sheet 566 Pula (Barca et al., 2016; Lecca et al., 2016). The northwestern section between the apex of the fan, the urban area of Capoterra and the area of La Maddalena, follows that in Casula et al. (2001), while the next one corresponds to the trace reported in the Carg Sheet 566-Pula, characterized by a trend with abrupt changes of direction in the marine sector, which seem rather anomalous. The aforementioned Authors provide a discordant interpretation of the fault activity: • Casula et al. (2001). The fault is active in the Plio-Quaternary and extends up to the seabed (section ES 328); • Carg Sheet 566 Pula. In the continental sector the fault is sealed and/or marginally affects the base of the formation named pre-PVM at the foot of the Upper Pleistocene sediments (section B-B''), while it seems to partially control the deposition in the stratigraphic scheme. The pre-PVM formation is not described in the sheet, but, given its stratigraphic position above the Samassi Formation (Upper Pliocene-Pleistocene), it should refer to the Upper Pleistocene/Middle Pleistocene interval. Although the adjoining Carg sheets 565-Capoterra and 556-Assemmini do not show trace of the Sarroch Fault, this was traced taking into account the data of Casula et al. (2001). The continuation towards NW of the buried structure corresponds to the Sarroch 2 Fault.</p>
RANK	Primary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
SEGMENTATION	Single Segment
AVERAGE STRIKE (°)	340
DIP (°)	Sub-Vertical
DIP DIRECTION	ENE
FAULT LENGTH (km)	31.3
MAPPING SCALE	1:50000
FAULT DEPTH (km)	200
KINEMATICS	Normal

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File: T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 52 di 68</p>
---	---

Faglia Sarroch 1 Fault	
ACTIVITY	
SURFACE EVIDENCE	hidden (buried, blind fault)
LAST ACTIVITY (YEAR)	Pleistocene generic
ACTIVITY RELIABILITY	Field studies
SLIP PARAMETERS	
RECURRENCE INTERVAL	
SLIP RATE (MM/YR)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH (KM)	
MAX CREDIBLE SLIP (M)	
TIME SINCE LAST EVENT (YEARS)	
MAX KNOWN MAGNITUDE (MW)	
MAX KNOWN INTENSITY (MCS)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	
FINAL REMARKS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE	Low reliability
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	-

Tabella 14 - Sintesi delle caratteristiche fisiche e geologiche della faglia potenzialmente attiva o capace code: 94189.

12.2 Criticità geomorfologiche

Sotto il profilo geomorfologico, l'area di studio non presenta elementi di particolare criticità delle opere in progetto, in quanto caratterizzata da un assetto morfologico prevalentemente pianeggiante o basso-collinare. Ad esso si aggiunge l'elevato grado di antropizzazione del territorio, che limita fortemente lo sviluppo di fenomeni erosivi o di dissesto di particolare rilevanza e intensità.

12.2.1. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Sardegna

Quanto detto trova parziale riscontro nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino Regione della Sardegna (2015). Infatti nel PAI Sardegna non sono presenti areali di pericolosità da frana nel settore di intervento.

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:

T00GE00GEORE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 53 di 68

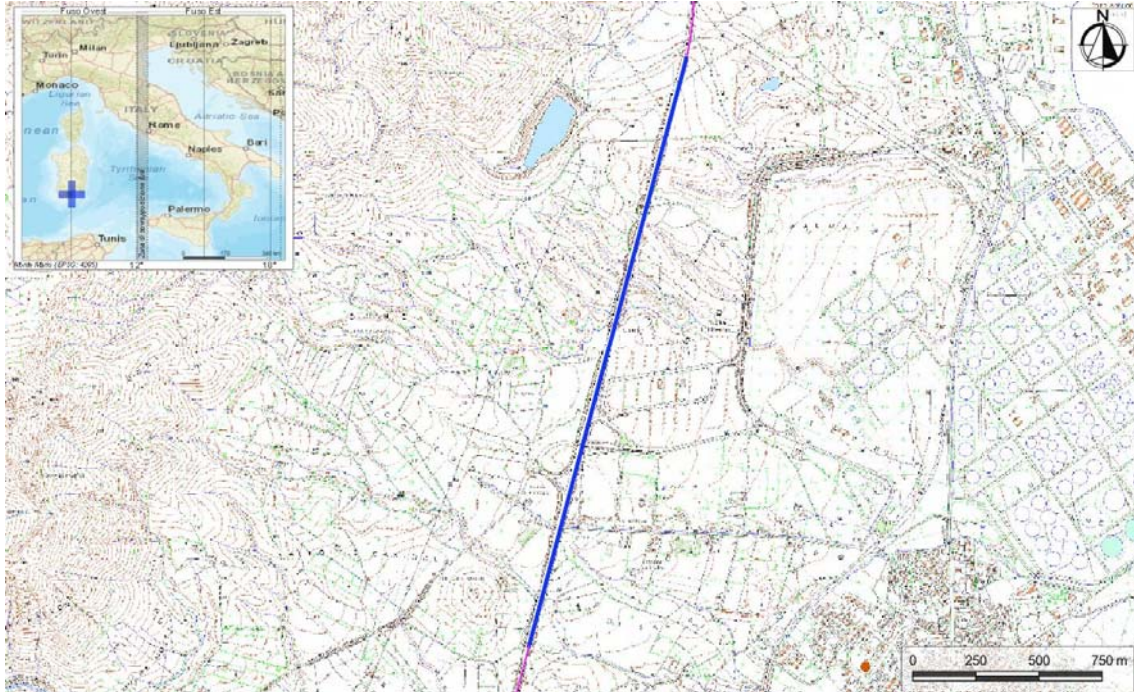


Figura 14 - Stralcio della carta della pericolosità da frana del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione della Sardegna, con individuazione del tracciato di progetto (blu).

12.3 Criticità idrogeologiche

Per quanto concerne gli aspetti connessi con la circolazione delle acque nel sottosuolo, si evidenzia la presenza di diverse falde idriche sotterranee all'interno dei differenti acquiferi individuati lungo il tracciato stradale in esame. Tali falde infatti potrebbero rappresentare dei potenziali elementi di criticità per le opere in progetto, sia per le possibili venute d'acqua lungo i fronti di scavo che per la notevole influenza esercitata sul comportamento meccanico dei termini litologici ci attraversati; inoltre sono possibili interferenze dirette o indirette tra le opere in progetto e gli acquiferi locali.

Buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione latero-verticale dei depositi.

Le rocce vulcanico-metamorfiche costituiscono acquiferi fessurati di discreta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, generalmente a deflusso discontinuo e frazionato, contenute nelle porzioni più alterate e fessurate dell'ammasso.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 54 di 68</p>
---	--

I termini vulcanici cineritici rappresentano degli acquiferi misti di modesta rilevanza, sia per la discreta trasmissività che per l'estensione generalmente ridotta degli stessi. Tali acquiferi sono caratterizzate da un deflusso idrico sotterraneo generalmente unitario, ma a luoghi frazionato dalla presenza di orizzonti litoidi più compatti e meno fratturati. Le direzioni di deflusso sono quasi sempre piuttosto variabili e disomogenee, in quanto direttamente controllate dallo stato di fratturazione e alterazione dei materiali.

I depositi arenaceo-marnosi del substrato, invece, rappresentano degli acquiferi misti di scarsa trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi. Sono sede di falde idriche sotterranee di ridotta rilevanza, frazionate, in parziale comunicazione idraulica con i corpi idrici sotterranei dei complessi idrogeologici ed essi giustapposti. La permeabilità per porosità e fessurazione è generalmente variabile da molto bassa a bassa, mentre le direzioni di deflusso sono estremamente variabili e direttamente condizionate sia dall'assetto morfologico superficiale che dallo stato di fratturazione e alterazione dell'ammasso.

I sedimenti alluvionali grossolani sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza per la ridotta trasmissività. Costituiscono dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi, in quanto direttamente influenzati dalle forti variazioni granulometriche dei terreni costituenti l'acquifero. Sono sede di corpi idrici sotterranei in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate caratterizzate da una superficie libera posta a pochi metri di profondità dal piano campagna. Tali acquiferi risultano alimentati, in buona sostanza, dagli apporti superficiali e profondi dei principali corsi d'acqua dell'area, anche se non sono da escludere possibili scambi idrici sotterranei con gli acquiferi giustapposti lateralmente e verticalmente.

Mentre, i depositi alluvionali fini costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe.

I depositi detritico-colluviali di copertura non presentano corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, sia per la scarsa trasmissività dei terreni che per il ridotto spessore degli stessi. Pertanto, la circolazione idrica avviene principalmente in senso verticale, tramite il passaggio delle acque meteoriche dalla superficie topografica alle falde più profonde degli acquiferi sottostanti. A tali coperture si collegano manifestazioni sorgentizie spesso effimere, che danno origine ad una diffusa circolazione di acque in superficie subito dopo gli eventi piovosi.

Per quanto riguarda la circolazione idrica superficiale, questa interessa principalmente i sedimenti fluviali del Complesso alluvionale grossolano (CAR) e i depositi di copertura del Complesso detritico-colluviale (CDC). Quindi è possibile ipotizzare la presenza di una falda confinata

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la
S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:

T00GE00GEORE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 55 di 68

almeno negli orizzonti più superficiali ed alterati e nelle coltri/depositi di copertura, che segue grossomodo l'andamento della superficie topografica.

Inoltre, in concomitanza con i periodi piovosi si rinvergono venute d'acqua lungo la trincea stradale, subito dopo il viadotto del Bacch'è Linna all'altezza del km 22+500 (cfr. Foto 4).



Foto 4 - Venute idriche lungo le scarpate antropiche nel Complesso alluvionale grossolano, all'altezza del km 22+500.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 56 di 68</p>
---	--

13 DESCRIZIONE DEI SETTORI D'INTERVENTO

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire, in maniera commisurata al grado di approfondimento del progetto in corso, il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in questione. Nelle pagine che seguono viene quindi analizzato l'intero settore di intervento, opportunamente suddiviso in tratti omogenei relativi alle differenti opere in esame. Per ogni singolo tratto, in particolare, vengono descritte tutte le principali caratteristiche geologiche s.l. e gli aspetti più salienti ai fini progettuali.

Nel seguito, si fa quindi esplicito riferimento a quanto riportato nelle apposite cartografie tematiche ed al profilo longitudinale ricostruito lungo l'asse del tracciato stradale (cfr. Carta geologica di dettaglio e profilo geologico stralcio 2C - T00GE00GEOCG02/3A, Carta geomorfologica stralcio 2C - T00GE00GEOCG04A e Carta idrogeologica e profilo idrogeologico stralcio 2C - T00GE00GEOCI01/2A). In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle diverse cartografie geologiche realizzate a corredo della presente relazione. Infine, per quanto riguarda gli spessori e l'assetto delle singole unità litostratigrafiche, si fa riferimento ai dati contenuti negli studi bibliografici a disposizione e alle risultanze delle diverse indagini geognostiche appositamente realizzate lungo il tracciato in esame nel corso della presente campagna di indagine.

13.1 Stralcio 2C

Allo Stralcio 2C del Lotto 2° (km 18+350 al km 23+900) della S.S. 195 tra Cagliari e Pula appartengono i diversi tratti di tracciato compresi tra il km 21+488 e km 23+900 (L=2+412).

Di seguito vengono descritti da nord a sud, i diversi tratti relativi allo stralcio 2C del tracciato stradale in questione, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche geologico-strutturali dell'area.

13.1.1. Opere all'aperto km 21+488 – km 22+325

Il tratto in questione si colloca nella porzione più settentrionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 77.4 e i 86.1 m circa s.l.m., dove è prevista la realizzazione di opere all'aperto. Il tracciato intercetta per quasi il suo sviluppo i depositi ghiaioso-sabbiosi del Subsistema di Portoscuso (PVM2a1), che nell'area presentano uno spessore di circa 20 m. Tali depositi risultano in eteropia laterale e verticale con i terreni limoso-argillosi della medesima formazione (PVM2a3) intercettati direttamente nel tratto iniziale del tracciato stradale in esame. Tali depositi presentano uno spessore variabile, massimo della porzione centrale. I depositi descritti poggiano in contatto stratigrafico erosivo sul substrato geologico dell'area formato dai litotipi

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 57 di 68**

delle Andesiti di Monte Arrubiu, qui rappresentati dalla facies piroclastica (**MAB1**) in appoggio alla facies andesitica (**MAB**). In copertura si rinvencono Depositi antropici (**h**) generalmente di esiguo spessore, solo tra le km 21+900 e 22+050 gli spessori raggiungono i 9 m di spessore in corrispondenza di una discarica inattiva.

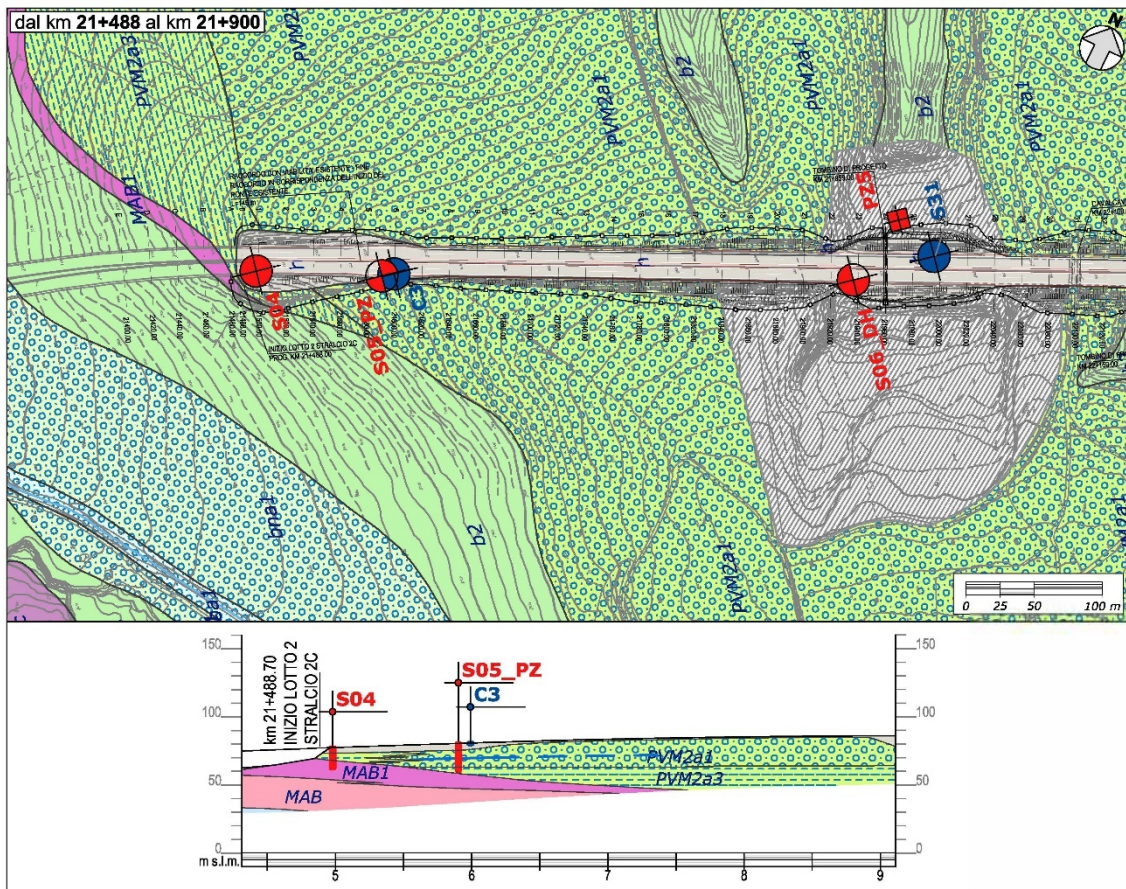


Figura 15 - Stralcio della Carta geologica di dettaglio e profilo geologico stralcio 2C, settore nord del tratto km 21+488 – 22+325.

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

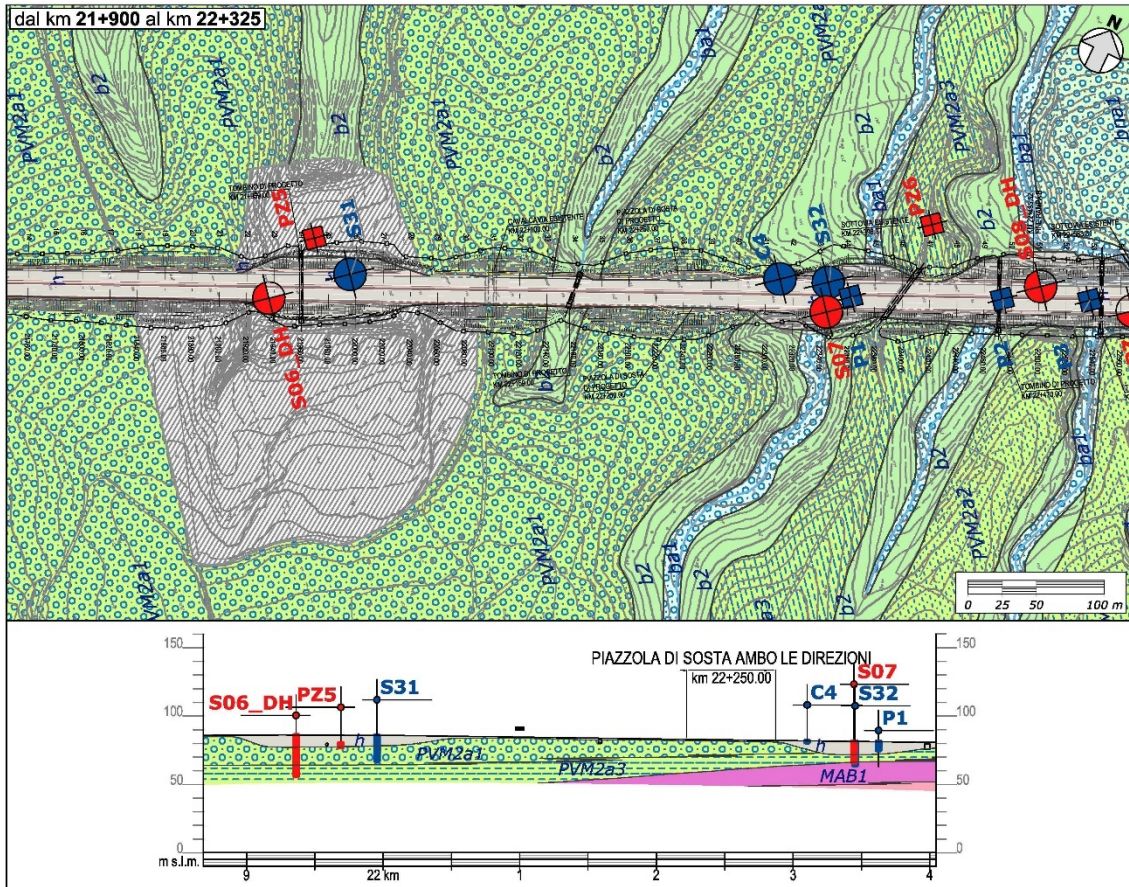
File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 58 di 68**

Figura 16 - Stralcio della Carta geologica di dettaglio e profilo geologico stralcio 2C, settore sud tratto km 21+488 – 22+325.

Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un'area caratterizzata dalla presenza di superfici terrazzate e valli alluvionali. Dal punto di vista idrogeologico, infine, si sottolinea la presenza di corpi idrici sotterranei contenuti all'interno dei terreni prettamente alluvionali e nelle porzioni più superficiali del substrato, con superficie piezometrica posta ad una quota variabile tra circa 68 e 72 m s.l.m. (cfr. sondaggio S05_PZ), che segue grossomodo l'andamento della superficie topografica.

13.1.2. Opere all'aperto km 22+325 – km 22+600

Il tratto in questione si colloca nella porzione centro settentrionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 77.1 e gli 81.7 m circa s.l.m., dove è prevista la realizzazione di opere all'aperto. Il tracciato intercetta per quasi il suo sviluppo i depositi del Subsistema di Portoscuso, qui costituiti dai terreni ghiaioso-sabbiosi (PVM2a1), sabbioso-limosi (PVM2a2) e limoso-argillosi

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 59 di 68**

(PVM2a3). Tali depositi presentano uno spessore variabile tra 2 e 10 m. Il substrato geologico dell'area è formato dai litotipi delle Andesiti di Monte Arrubiu, rappresentati dalla facies piroclastica (**MAB1**) con uno spessore di circa 15m, in appoggio alla facies andesitica (**MAB**). In copertura si rinvencono Depositi antropici (**h**) con uno spessore variabile 4 e 10 m.

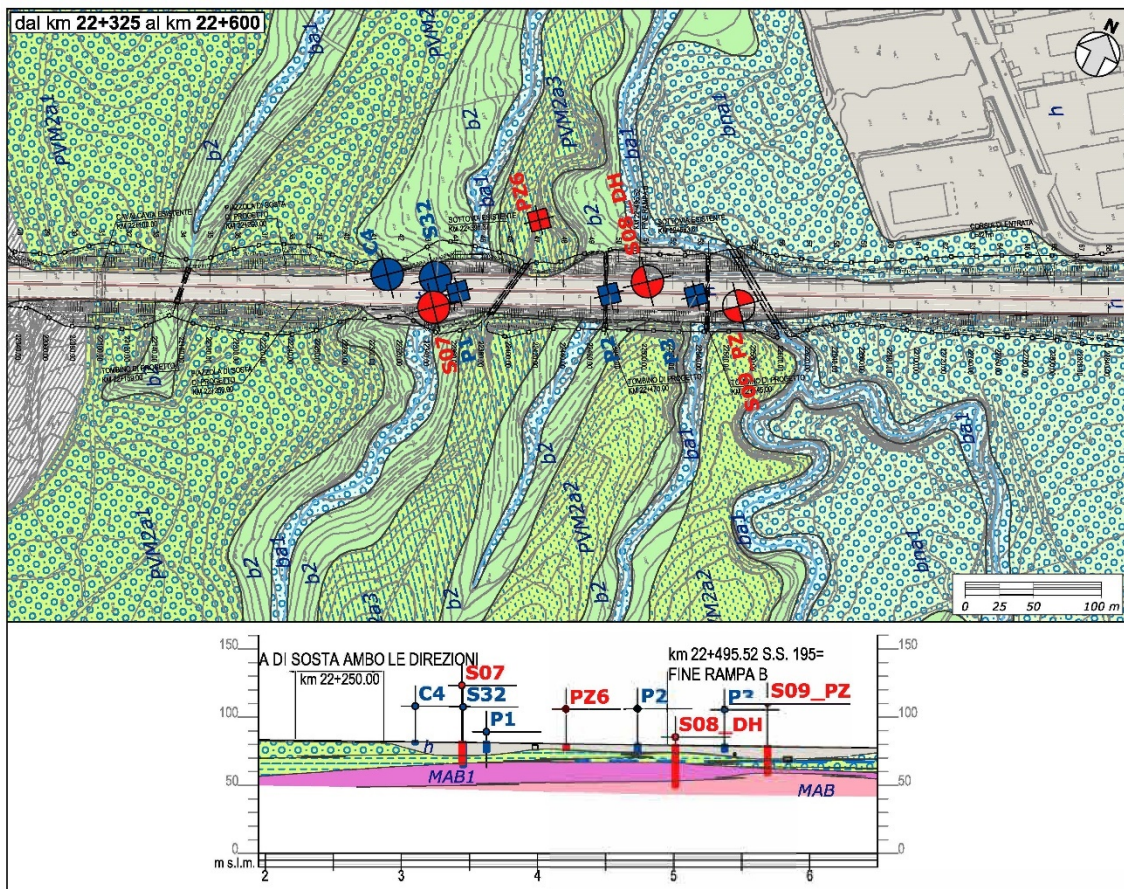


Figura 17 - Stralcio della Carta geologica di dettaglio e profilo geologico stralcio 2C, km 22+325 – 22+600.

Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un'area caratterizzata dalla presenza di superfici terrazzate e valli alluvionali. Il tracciato attraversa numerosi solchi d'acqua affluenti destra idrografica del più importante Canale Giaccu, a sua volta intercettato all'altezza del km 22+600 circa. Dal punto di vista idrogeologico, infine, si sottolinea la presenza di corpi idrici sotterranei contenuti all'interno dei terreni prettamente alluvionali e nelle porzioni più superficiali del substrato, con superficie piezometrica posta ad una quota di circa 67-68 m s.l.m. (cfr. sondaggio S09_PZ), che segue grossomodo l'andamento della superficie topografica. Inoltre, in concomitanza con i periodi piovosi si rinvencono venute d'acqua lungo la trincea stradale, subito dopo il viadotto del Bacch'è Linna all'altezza del km 22+500 (cfr. Foto 5).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 60 di 68</p>
---	--



Foto 5 - Venute idriche lungo le scarpate antropiche nel Complesso alluvionale grossolano, all'altezza del km 22+500.

13.1.3. Opere all'aperto km 22+600 – km 23+350

Il tratto in questione si colloca nella porzione centrale dell'area di studio, a quote comprese tra i 73.8 e i 77.9 m circa s.l.m., dove è prevista la realizzazione di opere all'aperto. Il tracciato intercetta nel tratto iniziale e centrale i terreni ghiaioso-sabbiosi dei depositi alluvionali terrazzati (**bn_{a1}**), che nel presente settore mostrano uno spessore di circa 5 m. Tali terreni poggiano in contatto stratigrafico erosivo sui depositi ghiaioso-sabbiosi del Subsistema di Portoscuso (**PVM2_{a1}**), intercettati direttamente dal tracciato nella parte finale del tratto in esame. Tali depositi presentano uno spessore variabile, massimo della porzione centrale. Il substrato geologico dell'area è formato dai litotipi delle Andesiti di Monte Arrubiu, rappresentati dalla facies piroclastica (**MAB1**) in appoggio alla facies andesitica (**MAB**). In copertura si rinvergono Depositi antropici (**h**) di spessore ridotto, massimo nel tratto iniziale (8 m circa).

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

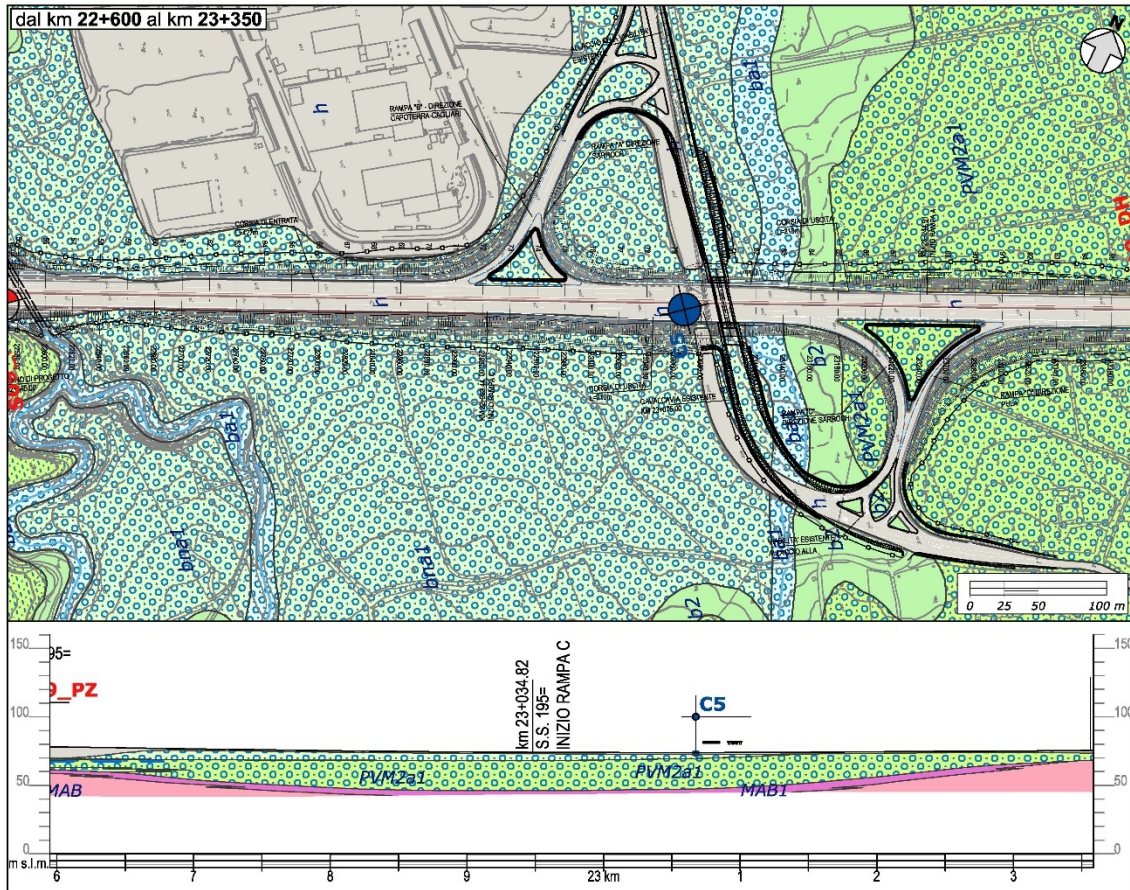
File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 61 di 68**

Figura 18 - Stralcio della Carta geologica di dettaglio e profilo geologico stralcio 2C, km 22+600 – 23+350.

Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un'area caratterizzata dalla presenza di superfici terrazzate e valli alluvionali. Il tracciato attraversa il Riu s'Acqua de Ferru, intercettato al km 23+135 circa. Sotto il profilo idrogeologico, invece, non sono presenti dati diretti di monitoraggio piezometrico.

13.1.4. Opere all'aperto km 23+350 – km 23+675

Il tratto in questione si colloca nella porzione centro meridionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 75.2 e i 77.3 m circa s.l.m., dove è prevista la realizzazione di opere all'aperto. Il tracciato intercetta per tutto il suo sviluppo i depositi ghiaioso-sabbiosi del Subsistema di Portoscuso (**PVM2a1**), con uno spessore di circa 3.5-5.0 m. Il substrato geologico dell'area è formato dai litotipi delle Andesiti di Monte Arrubiu, rappresentati nel tratto iniziale dalla facies andesitica (**MAB**) e a partire dal km 23+460 dalla facies piroclastica (**MAB1**). In copertura si rinvencono Depositi antropici (**h**) con uno spessore variabile tra 1.0 e 2.7 m.

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

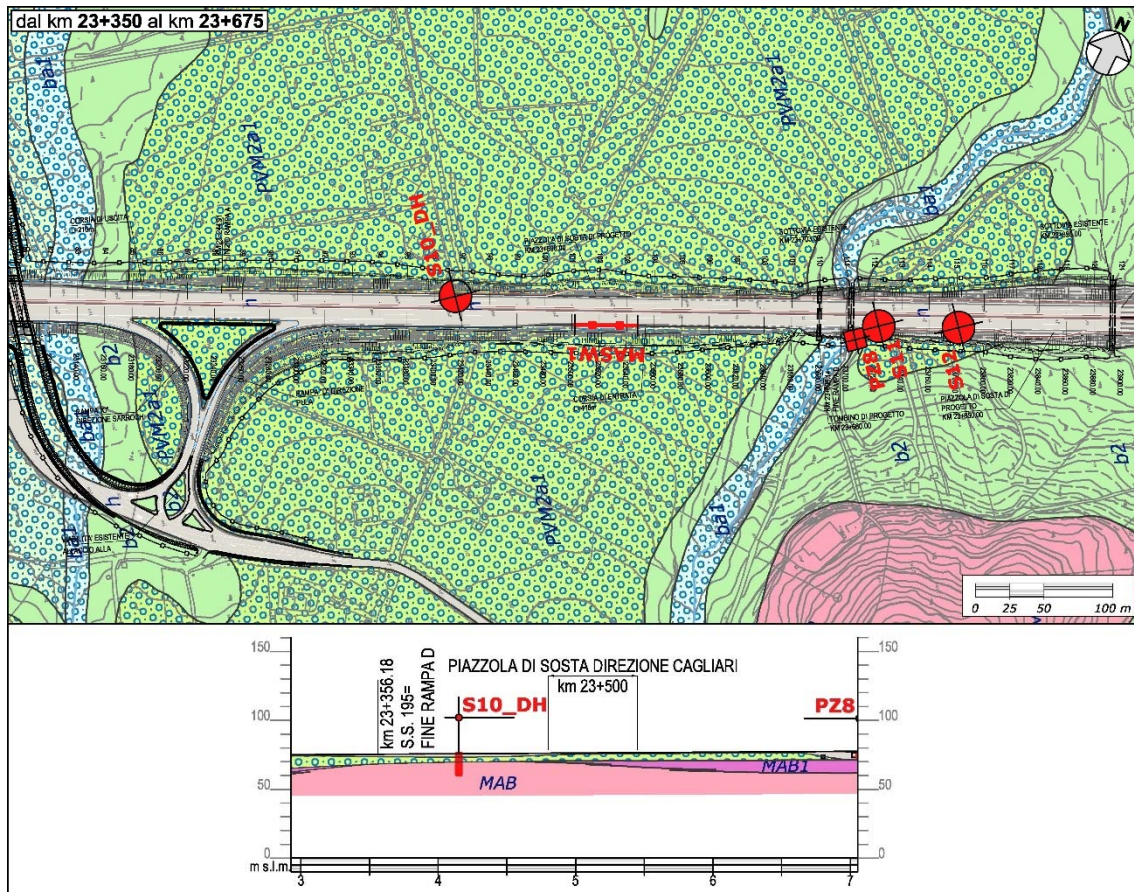
File:**T00GE00GEORE01A.docx****Data: Giugno 2020****Pag. 62 di 68**

Figura 19 - Stralcio della Carta geologica di dettaglio e profilo geologico stralcio 2C, km 22+600 – 23+675.

Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un'area caratterizzata dalla presenza di superfici terrazzate e valli alluvionali. Il tracciato attraversa un corso d'acqua, intercettato al km 23+700 circa. Sotto il profilo idrogeologico, invece, non sono presenti dati diretti di monitoraggio piezometrico.

13.1.5. Opere all'aperto km 23+675 – km 23+900

Il tratto in questione si colloca nella porzione più meridionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 77.2 e i 78.1 m circa s.l.m., dove è prevista la realizzazione di opere all'aperto. Il tracciato intercetta il substrato geologico dell'area formato dai litotipi delle Andesiti di Monte Arrubiu, rappresentati nel tratto iniziale dalla facies piroclastica (**MAB1**) e nel tratto centrale e finale dalla facies andesitica (**MAB**). In copertura si rinvenivano Depositi antropici (**h**) con uno spessore elevato nel tratto iniziale, di circa 6.5 m, e modesto nel tratto centrale e finale.

PROGETTO DEFINITIVO

T00GE00GEORE01A

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

File:

T00GE00GEORE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 63 di 68

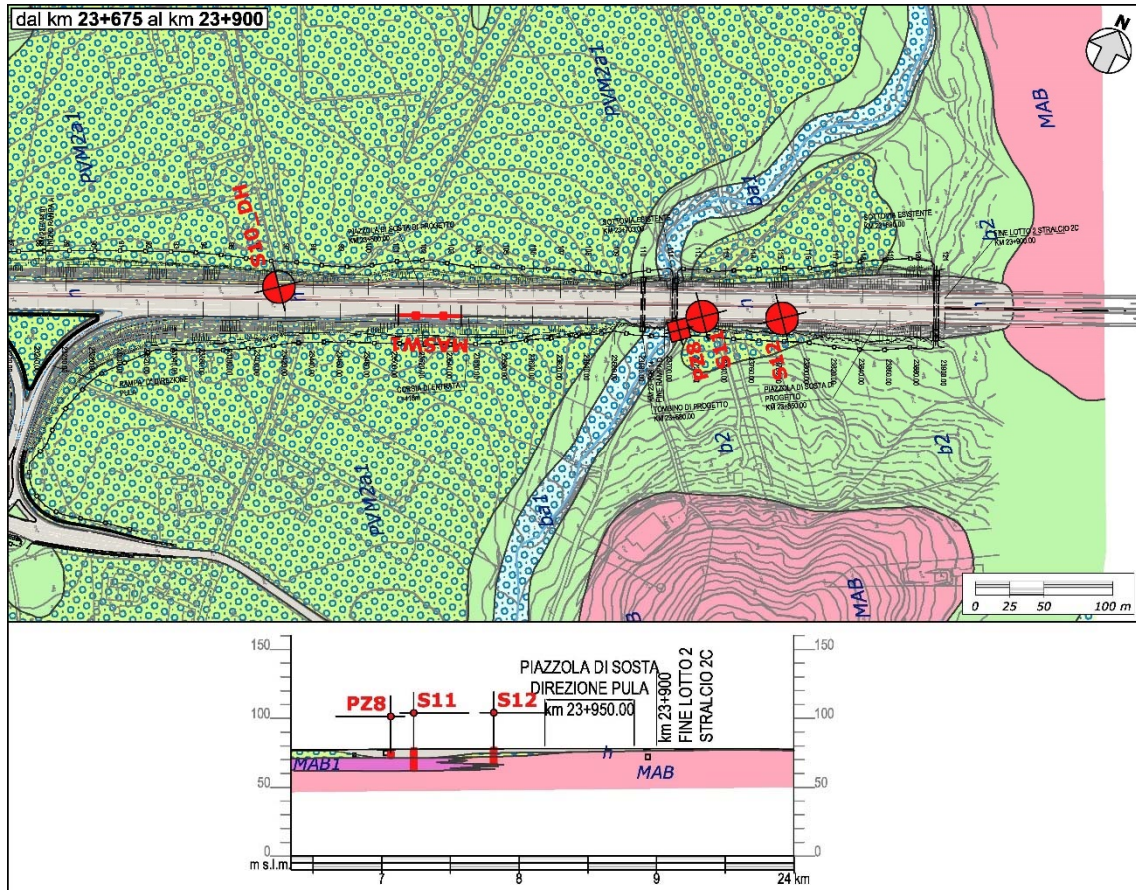


Figura 20 - Stralcio della Carta geologica di dettaglio e profilo geologico stralcio 2C, km 22+600 – 23+900.

Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un'area caratterizzata dalla presenza di superfici terrazzate e valli alluvionali. Il tracciato attraversa un corso d'acqua, intercettato al km 23+700 circa. Sotto il profilo idrogeologico, invece, non sono presenti dati diretti di monitoraggio piezometrico.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 64 di 68</p>
---	--

14 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Arthaud F., Matte P., 1966. Contribution à l'étude de tectoniques superposées dans la chaîne hercynienne: étude microtectonique des séries métamorphiques du Massif des Maures (Var). Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences Serie D 26: 436-439.

Arthaud F., Sauniac S., 1981. Une coupe synthétique à travers la chaîne varisque de Sardaigne. Commentaires sur l'évolution tectono-métamorphique. Bulletin de la Société Géologique de France 7: 535-539.

Barca S., Carmignani L., Eltrudis A., Franceschelli M., 1995. Origin and evolution of the Permian-Carboniferous Basin Of Mulargia Lake, South-Central Sardinia (Italy) relates to the late-Hercynian extensional tectonics. Comptes rendus de l'Académie des Sciences Paris 321: 171-178.

Barca S., Costamagna L.G., 1997. Compressive "Alpine" tectonics in Western Sardinia: geodynamic consequences. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences Serie D 32: 791-797.

Barca S., Costamagna L.G., 2000. Il bacino paleogenico del Sulcis-Iglesiente (Sardegna SW): nuovi dati stratigrafico-strutturali per un modello geodinamico nell'ambito dell'orogenesi pirenaica. Bollettino della Società Geologica Italiana 119: 497-515.

Barca S., Melis E., Pistis M., 2017. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 566, Pula. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Barca S., Serri R., Rizzo R., Forci S., Calzia P., Pertusani P.C., 2009. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 565, Capoterra. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Beccaluva L., Brotzu P., Macciotta G., Morbidelli L., Serri G., Travera G., 1987. Cenozoic tectono-magmatic evolution and inferred mantle sources in the Sardo-Thyrrhenian Area. In: Boriani A., Bonafede M., Piccardo G.B., Vai G.B. (eds), The Lithosphere in Italy, advances in Earth Science Research. Atti dell'Accademia Nazionale dei Lincei 8: 229-248.

Beccaluva L., Civetta L., Macciotta G.P., Ricci C.A., 1985. Geochronology in Sardinia: results and problems. Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia 4: 57-72.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L., Gasperini P., 2000. Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997. Annali di Geofisica 43: 609-868.

Bralia A., Ghezzi C., Guasparri G., Sabatini G., 1981. Aspetti genetici del batolite sardo-corso. Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia 38: 701-764.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 65 di 68</p>
---	--

Brotzu P., Callegari E., Secchi F.A., 1994. The search for the parental magma of the high-K calc-alkaline igneous rock series in the southernmost Sardinia Batholith. *Periodico di Mineralogia* 62: 253-280.

Brotzu P., Ferrini V., Masi U., 1982. Stable isotope geochemistry of Hercynian granitoid rocks from Sarrabus Massif (South-eastern Sardinia, Italy). *Isotope Geosciences* 1: 77-90.

Cabizzosu T., Marongiu E., Uras C., 2003. Inventario cinque libri, Archivio storico diocesano, Selargius (1574-1625). Edizioni della torre 1: 688.

Carmignani L., Barca S., Cappelli B., Di Pisa A., Gattiglio M., Oggiano G., Pertusati P.C., 1992. A tentative geodynamic model for the hercynian basement of Sardinia. In: Carmignani L., Sassi F.P.: *Contribution to the Geology of Italy with special regard to the Paleozoic basement*. I.G.C.P. Project No 276, Newsletter 5: 61-82.

Carmignani L., Carosi R., Disperati L., Funedda A., Musumeci G., Pasci S., Pertusati P.C., 1992. Tertiary traspressional tectonics in NE Sardinia, Italy. In: Carmignani L., Sassi F.P.: *Contributions to the Geology of Italy with special regard to the paleozoic Basements*. I.G.C.P. Project No 276, Newsletter 5: 83-96.

Carmignani L., Coccozza T., Ghezzi C., Pertusati P.C., Ricci C.A., 1982. Lineamenti del basamento sardo. In: Carmignani L., Coccozza T., Ghezzi C., Pertusati P.C., Ricci C.A. (eds), *Guida alla Geologia del Paleozoico Sardo*. Guide Geologiche Regionali, Società Geologica Italiana: 11-23.

Carmignani L., Coccozza T., Ghezzi C., Pertusati P.C., Ricci C.A., 1987. Structural model of the hercynian basement of Sardinia. *Scala 1:500000 C.N.R. Prog. Fin. Geodinamica - Sottoprogetto Modello Strutturale d'Italia*. Tipografie e Litografia Salomone.

Carmignani L., Coccozza T., Minzoni N., Pertusati P.C., 1978. Falde di ricoprimento erciniche nella Sardegna a NE del Campidano. *Memorie della Società Geologica Italiana* 19: 501-510.

Carosi R., Pertusati P.C., 1990. Evoluzione strutturale delle unità tettoniche erciniche nella Sardegna centro-meridionale. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 109: 325-335.

Castorina F., Petrini R., 1992. Based Nd-models ages in highly evolved granites: an example from Buddusò intrusion (NE Sardinia, Italy). *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen* 6: 227-288.

Casula G., Cherchi A., Montadert L., Murru M., Sarria E.A., 2001. The Cenozoic Graben system of Sardinia (Italy): geodynamic evolution from new seismic and field data. *Marine and Petroleum Geology* 18: 863-888.

Cherchi A., Montadert L., 1982. The Oligo-Miocene rift of Sardinia and the early history of the western mediterranean basin. *Nature* 298: 736-739.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 66 di 68</p>
---	--

Cherchi A., Schroeder R., 1976. Présence de galets du Vraconien supérieur-Cénomanién basal de provenance ibérique dans le Paléogène continental du Sud-Ouest de la Sardaigne. Bulletin de la Société Géologique de France 18: 1217-1219.

Cherchi A., Trémolières P., 1984. Nouvelles données sur l'évolution structurale au Mésozoïque et au Cénozoïque de la Sardaigne et leurs implications géodynamiques dans le cadre méditerranéen. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences Serie D 298: 889-894.

CNR-PFG, 1985. Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B, Bologna.

Cocco F., Funedda A., Patacca E., Scandone P., 1982. Preliminary note on the structural setting of the PlioPleistocene Campidano graben (Sardinia). Rendiconti online della Società Geologica Italiana 22: 55-57.

Conti P., Carmignani L., Cerbai N., Eltrudis A., Funedda A., Oggiano G., 1999. From thickening to extension in the Variscan belt - kinematic evidence from Sardinia (Italy). Terra Nova 11: 93-99.

Del Moro A., Laurenzi M., Musumeci G., Pardini G., 1991. Rb/Sr and Ar/Ar chronology of the hercynian Mt. Grighini intrusive and metamorphic rocks (central-western Sardinia). Plinius 4: 121-122.

Di Simplicio P., Ferrara G., Ghezzi C., Guasparri G., Pellizzer R., Ricci C.A., Rita F., Sabatini G., 1974. Notes on the Paleozoic magmatism and metamorphism of Sardinia. Memorie della Società Geologica Italiana 13: 161-164.

Di Simplicio P., Ferrara G., Ghezzi C., Guasparri G., Pellizzer R., Ricci C.A., Rita F., Sabatini G., 1975. Il metamorfismo e il magmatismo paleozoico nella Sardegna. Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia 30: 979-1068.

DISS Working Group, 2018. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1.: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Funedda A., Oggiano G., Pasci S., 2000. The Logudoro basin: a key area for the tertiary tectono-sedimentary evolution of North Sardinia. Bollettino della Società Geologica Italiana 119: 37-38.

Ghezzi C., Guasparri G., Sabatini G., 1972. Lineamenti geopetrologici del cristallino sardo. Le plutoniti e la loro successione negli eventi intrusivi. Mineralogica and Petrographica Acta 18: 205-234.

Ghezzi C., Orsini J.B., 1982. Lineamenti strutturali e composizionali del batolite ercinico sardo-corso in Sardegna. Carmignani L., Coccozza T., Ghezzi C., Pertusati P.C., Ricci C.A.: Guida alla

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 67 di 68</p>
---	--

Geologia del Paleozoico Sardo. Guide Geologiche Regionali, Società Geologica Italiana: 165-181.

ISPRA, 2009. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 565, Capoterra. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

ISPRA, 2017. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 566, Pula. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

ITHACA Working Group, 2019. ITHACA (ITaly HAZard from Capable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>. ISPRA Geological Survey of Italy.

Lecca L., Lonis R., Luxoro S., Melis E., Secchi F., Brotzu P., 1997. Oligo-Miocene volcanic sequences and rifting stages in Sardinia: a review. *Periodico di Mineralogia* 66: 7-61.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico, Antonucci A., 2019. Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Masclé J., Rehault J.P., 1990. A revised stratigraphy of the Tyrrhenian sea: implications for the basin evolution. In: Kastens K.A., Masclé J. *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 107: 617-636.

Matte P., 1986. La chaîne varisque parmi les chaînes paléozoïques péri-atlantiques, modèle d'évolution et position des grands blocs continentaux au Permo-Carbonifère. *Bulletin de la Société Géologique de France* 8: 9-24.

Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C., Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Murgia M.V., Aiolfi C., Casula G., Costa V., Gaiani A., Gorza M., Pischedda R., Sarria E.A., Scotti P. Valenti G., 1993. Valutazione del potenziale petrolifero del Campidano. Rapporto finale: valutazione geomineraria. J.V. AGIP S.p.A. & Progemisa S.p.A., Rapporto interno inedito, 44 pp., S. Donato Milanese.

Oggiano G., Pasci S., Funedda A., 1995. Il bacino di Chilivani-Barchidda: un esempio di struttura transtensiva. Possibili relazioni con la geodinamica cenozoica del Mediterraneo occidentale. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 11: 465-475.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00GE00GEORE01A</p> <p><i>Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica</i></p>	<p>File:</p> <p>T00GE00GEORE01A.docx</p> <p>Data: Giugno 2020</p> <p>Pag. 68 di 68</p>
---	--

Oggiano G., Sanna G., Temussi I., 1987. Caractères géologiques, géologiques et géochimiques de la bauxite de la region de la Nurra. In: Cherchi A.: Groupe Française du Crétacé. Sardinia: 72-124.

Orsini J.B., 1976. Les granitoides hercyniennes corso-sarde. Mise en evidence de deux associations magmatique. Bulletin de la Société Géologique de France 18: 1203-1206.

Pala A., Pecorini G., Porcu A., Serra S., 1982. Schema geologico strutturale della Sardegna. In: Ricerche geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al graben del Campidano. CNR - Progetto Finalizzato Energetica - Sottoprogetto Energia Geotermica 10: 7-24.

Pasci S., 1995. La tettonica terziaria della Sardegna centro-settentrionale. PhD Thesis, Università di Cagliari.

Pcorini G., Pomesano Cherchi A., 1969. Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna). Memorie della Società Geologica Italiana 8: 421-451.

Pecorini G., Pomesano Cherchi A., 1969. Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna). Memorie della Società Geologica Italiana 8: 421-451.

Ricci C.A., Sabatini G., 1978. Petrogenetic affinity and geodynamic significance of metabasic rocks from Sardinia, Corsica, and Provence. Neues Jahrbuch für Mineralogie 1: 23-38.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Vardabasso S., 1962. Questioni paleogeografiche relative al Terziario antico della Sardegna. Memorie della Società Geologica Italiana 3: 655-673.